

### Flexible Fertigungssysteme und -zellen im Rahmen neuer Fabrikstrukturen in der Bundesrepublik Deutschland: Abschlußbericht zum deutschen Teil der im Auftrag der EG durchgeführten Projekte

Veröffentlichungsversion / Published Version

Abschlussbericht / final report

**Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit / provided in cooperation with:**

Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V. - ISF München

#### **Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:**

Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI), Karlsruhe; Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V. ISF München. (1987). *Flexible Fertigungssysteme und -zellen im Rahmen neuer Fabrikstrukturen in der Bundesrepublik Deutschland: Abschlußbericht zum deutschen Teil der im Auftrag der EG durchgeführten Projekte*. Karlsruhe. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-100670>

#### **Nutzungsbedingungen:**

Dieser Text wird unter einer Deposit-Lizenz (Keine Weiterverbreitung - keine Bearbeitung) zur Verfügung gestellt. Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

#### **Terms of use:**

This document is made available under Deposit Licence (No Redistribution - no modifications). We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document. This document is solely intended for your personal, non-commercial use. All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

# FAST

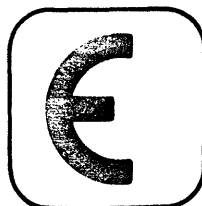
FORECASTING AND ASSESSMENT IN SCIENCE AND TECHNOLOGY

No. 135D

January 1987

FLEXIBLE FERTIGUNGSSYSTEME UND -ZELLEN  
IM RAHMEN NEUER FABRIKSTRUKTUREN  
IN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

ISI-ISF (D)



DIRECTORATE-GENERAL FOR SCIENCE, RESEARCH AND DEVELOPMENT - COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES



No. 135D

January 1987

FLEXIBLE FERTIGUNGSSYSTEME UND -ZELLEN  
IM RAHMEN NEUER FABRIKSTRUKTUREN  
IN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

ISI-ISF (D)

Internal paper

XII-160-87(D)

INSTITUT FÜR SOZIALWISSEN-  
SCHAFTLICHE FORSCHUNG E. V.  
8 MÜNCHEN 40  
JAKOB-KLAR-STR. 9

8788



# FLEXIBLE FERTIGUNGSSYSTEME UND -ZELLEN

## IM RAHMEN NEUER FABRIKSTRUKTUREN

Abschlußbericht zum deutschen Teil der im Auftrag  
der Kommission der Europäischen Gemeinschaften durchgeführten Projekte

- Robots and New Production Systems: Work in the Factory of the Future,  
FAST/TWE 7, Förderkennzeichen FST-0116-D (B)
- New Technical Production Systems - Vocational Training Implications and  
Policies, CEDEFOP, Projektnummer 2.205

Diese Arbeiten wurden ergänzend gefördert vom  
Bundesministerium für Forschung und Technologie  
unter dem Förderkennzeichen PLI 13024

Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und  
Innovationsforschung (ISI), Karlsruhe

und

Institut für sozialwissenschaftliche Forschung (ISF), München

Bearbeiter:	Jutta Fix-Sterz	(ISI)
	Gunter Lay	(ISI)
	Rainer Schultz-Wild	(ISF)
	Jürgen Wengel	(ISI)

Unter Mitarbeit von: Monika Mühlberg (Textverarbeitung)  
Volker Vogelmann (Bildmaterial)

Karlsruhe/München, im Oktober 1986



## INHALT

Seite

Einführung .....	1
<b>I. Stand und Entwicklungstendenzen des Einsatzes flexibler Fertigungssysteme und -zellen in der Bundesrepublik Deutschland .....</b>	<b>4</b>
1. Art und Umfang des betrieblichen Einsatzes flexibler Fertigungssysteme und -zellen .....	4
1.1 Stand der Verbreitung .....	4
1.2 Entwicklungstrends .....	7
1.3 Einsatzbereiche .....	9
2. Technische Kennzeichen installierter flexibler Fertigungs- systeme und -zellen .....	12
2.1 Bearbeitungssystem .....	12
2.2 Materialflußsystem .....	13
2.3 Informationssystem .....	15
3. Arbeitsorganisation an flexiblen Fertigungssystemen und -zellen .....	17
3.1 Schicht- und Personaleinsatz .....	17
3.2 Arbeitsplatzprofile .....	18
4. Qualifikationsbedarf und Schulungsmaßnahmen .....	24
4.1 Arbeitsorganisation und Schulungsaufwand .....	24
4.2 Qualifikationsbedarf und Qualifizierungspolitik .....	30
5. Zusammenfassung .....	33

...





	Seite
II. Beschreibung und Analyse ausgewählter Beispiele des Einsatzes von flexiblen Fertigungssystemen .....	35
1. Einführung in Auswahl und Darstellung der Fallstudien .....	35
2. Darstellung der fünf Fallstudien .....	37
2.1 Fall A .....	37
2.2 Fall B .....	44
2.3 Fall C .....	49
2.4 Fall D .....	55
2.5 Fall D .....	62
3. Ergebnisse der Fallstudien installierter flexibler Fertigungssysteme .....	66
3.1 Systemkonfigurationen, Einführungsstrategien und Erfahrungen vor dem Hintergrund betrieblicher Rahmenbedingungen .....	66
3.2 Formen und Veränderungen der Arbeitsorganisation .....	70
3.3 Personalauswahl und Qualifizierung .....	73
Zusammenfassung und Schlußfolgerungen .....	74
Literatur .....	79



## Einführung

Die schnelle Entwicklung der Mikroelektronik und damit verbunden der Informationstechnologien bringt Veränderungen in immer mehr Anwendungsbereichen mit sich. So sind gerade auch für den Bereich der industriellen Produktion grundlegende Strukturveränderungen aufgrund der neuen Technologien, wie rechnergestütztes Konstruieren (CAD) und Fertigen (CAM), sowie aus der Vernetzung dieser Funktionen in den nächsten Jahrzehnten zu erwarten. Diese Konzepte werden zur Zeit unter den Stichworten "Fabrik der Zukunft" bzw. "Fabrik 2000" intensiv diskutiert.

Die Auswirkungen dieser Technologien auf Wirtschaftlichkeit, Arbeitsorganisation, Qualifikation und berufliche Bildung, ihre Gestaltbarkeit wie auch alternative Konzepte sind insbesondere in internationalen Vergleichen weitgehend ungeklärt. Unterschiedliche technisch-organisatorische Entwicklungslinien dieser neuen Technologien deuten sich an. Alternative Wirkungsspektren dieser Systeme sind zu erwarten.

Vor diesem Hintergrund haben das Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI) und das Institut für sozialwissenschaftliche Forschung (ISF) von der Kommission der europäischen Gemeinschaften den Auftrag erhalten, im Rahmen eines internationalen Vergleichs beispielhaft für neue Technologien die Verbreitung sowie die wirtschaftlichen und sozialen Auswirkungen flexibler Fertigungssysteme zu untersuchen.<sup>1)</sup> Die Arbeiten wurden ergänzend vom Bundesministerium für Forschung und Technologie gefördert.

Der Begriff "Flexible Fertigungssysteme" wurde 1967 eingeführt. Man verstand hierunter eine Reihe von Fertigungseinrichtungen, die über ein gemeinsames Steuer- und Transportsystem so miteinander verknüpft sind, daß einerseits eine automatische Fertigung stattfinden kann, andererseits innerhalb eines gegebenen Bereichs unterschiedliche Bearbeitungsaufgaben an unterschiedlichen Werkstücken durchgeführt werden können (Dolezalek/Ropohl 1970).

---

<sup>1)</sup> New technical production systems: Work in the factory of the future - vocational training implications and policies. Förderkennzeichen FST-0116-D (B), PLI 13024

Da der Forderung nach Automatisierung der Systemkomponenten wegen technologischer und wirtschaftlicher Probleme kurzfristig nicht in vollem Umfang entsprochen werden kann, muß die gegebene Definition im Sinne einer Zielvorgabe interpretiert werden, die im Rahmen der flexiblen Automatisierung in unterschiedlichem Grad erreicht wird.

Für die vorliegende Untersuchung wurde daher eine Definition zugrunde gelegt, die sowohl flexible Fertigungssysteme im eigentlichen Sinn, d.h. Mehrmaschinensysteme umfaßt, als auch flexible Fertigungszellen (Ein-Maschinen-Systeme). Darin enthaltene Komponenten und Strukturen zeigen die Abbildungen 1 und 2.

Abbildung 1: Technische Struktur und Kennzeichen flexibler Fertigungssysteme

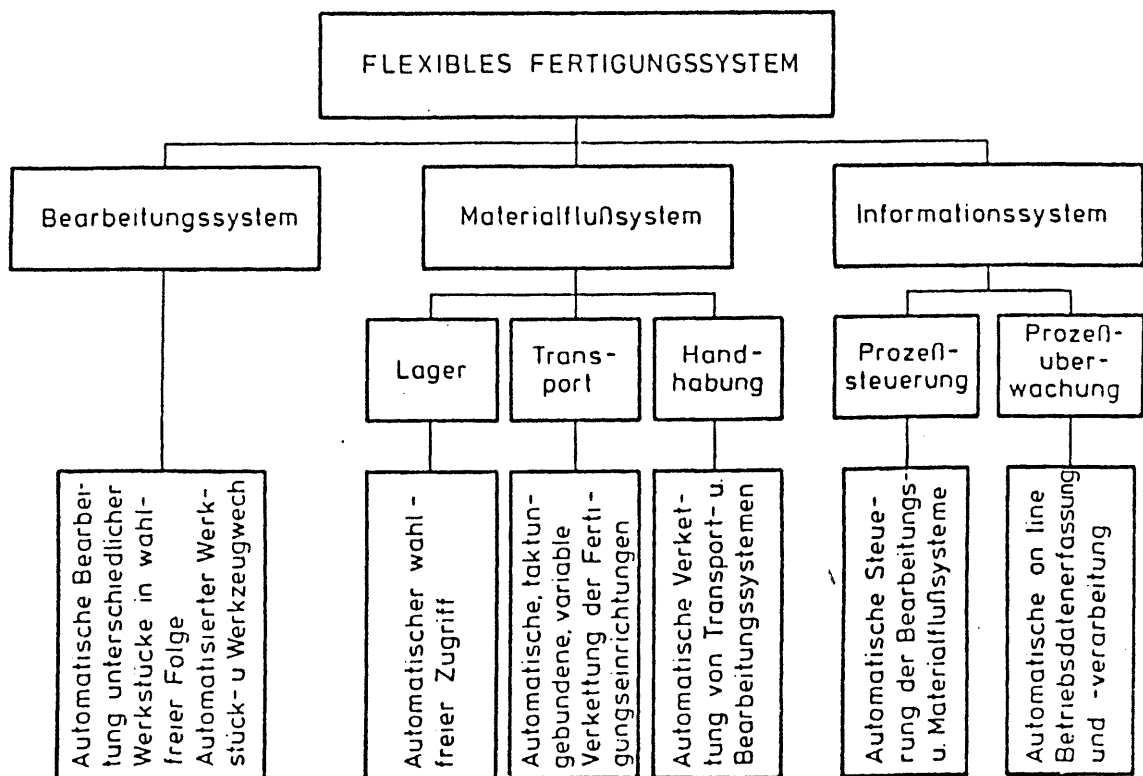
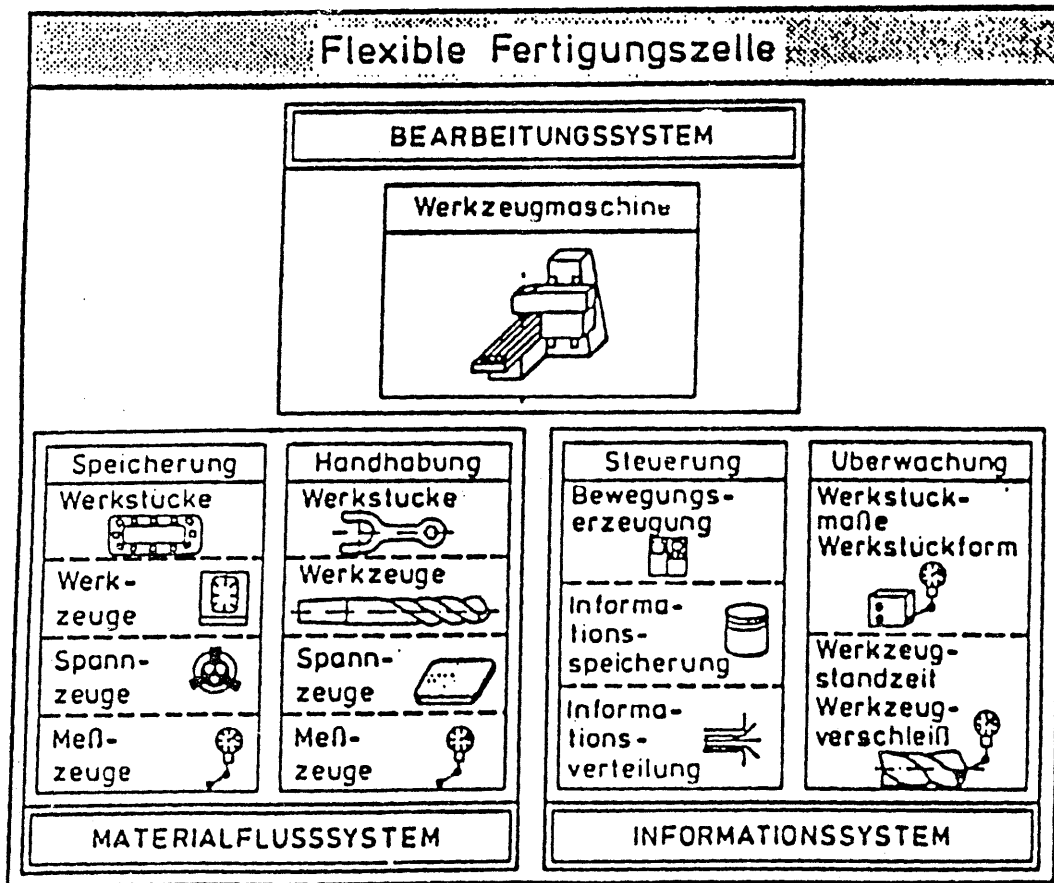


Abbildung 2: Komponenten flexibler Fertigungszellen



(Quelle: Mertins 1985)

Im Rahmen der oben geschilderten Aufgabenstellung wurde im Herbst 1985 eine schriftliche Befragung zum derzeitigen Stand des Einsatzes von flexiblen Fertigungssystemen und -zellen in der Bundesrepublik Deutschland durchgeführt, deren Ergebnisse in Teil I dieses Berichtes dargestellt sind.

Diese Befragung konzentrierte sich auf den Anwendungsbereich spanende Fertigung, da diese Art der Fertigung als Pilotsektor für den Einsatz von FFS betrachtet werden kann.

Die schriftliche Umfrage wurde durch Fallstudien in Anwenderbetrieben von FFS ergänzt und vertieft. Beschreibung und Analyse der Beispielsfälle bilden Teil II des Berichtes.

## I. Stand und Entwicklungstendenzen des Einsatzes flexibler Fertigungssysteme und -zellen in der Bundesrepublik Deutschland

### 1. Art und Umfang des betrieblichen Einsatzes flexibler Fertigungssysteme und -zellen (FFS/FFZ)

#### 1.1 Stand der Verbreitung

Durch intensive Literaturrecherchen und Referenzen von Werkzeugmaschinenherstellern konnten im Herbst 1985 in der Bundesrepublik Deutschland 278 FFS-/FFZ-Installationen bei 144 Unternehmen nachgewiesen werden. Es handelte sich um 195 flexible Fertigungszellen und 83 Mehrmaschinensysteme.

Die Anwenderunternehmen gehören zum überwiegenden Teil (68,9 %) zur Maschinenbaubranche. Weitere, allerdings deutlich schwächer vertretene, relevante Branchen sind Straßen-Fahrzeugbau (8,4 %), Luft- und Raumfahrzeugbau (3,4 %), Elektrotechnik (5,9 %), Feinmechanik und Optik (3,4 %) und EBM-Waren (3,4 %).

Eine Analyse der Anwenderunternehmen nach Beschäftigtengrößenklassen (Abbildung 3) ergibt einen deutlichen Schwerpunkt des Einsatzes in größeren Unternehmen mit mehr als 1.000 Beschäftigten (über 60 % der Installationen) und zeigt generell eine mit steigender Unternehmensgröße zunehmende Einsatzhäufigkeit. Flexible Fertigungssysteme und -zellen stellen demnach zur Zeit eine Technologie dar, die für die große Zahl kleiner und mittlerer Unternehmen noch kaum eine Rolle spielt.

Die Verteilung der installierten flexiblen Fertigungssysteme und -zellen nach Systemgrößen zeigt Abbildung 4. Der überwiegende Teil der Installationen sind flexible Fertigungszellen (70,1 %). 2-Maschinen- und 3 - 5-Maschinensysteme sind mit nahezu gleichen Anteilen von ca. 11 % vertreten, Großsysteme (mehr als 5 Maschinen) machen nur 7 % der Installationen aus. Diese Verteilung steht in deutlichem Gegensatz zu den in einer Frühphase der FFS/FFZ-Diffusion ermittelten Systemgrößen; damals waren 70 % der FFS Großsysteme (vgl. FhG-ISI, IAB, IWF 1981). Es zeigt sich also mittlerweile ein deutlicher Trend hin zu flexiblen Fertigungszellen und kleineren Systemen bis 5 Maschinen.

Abbildung 3: Beschäftigtengrößenklassenverteilung

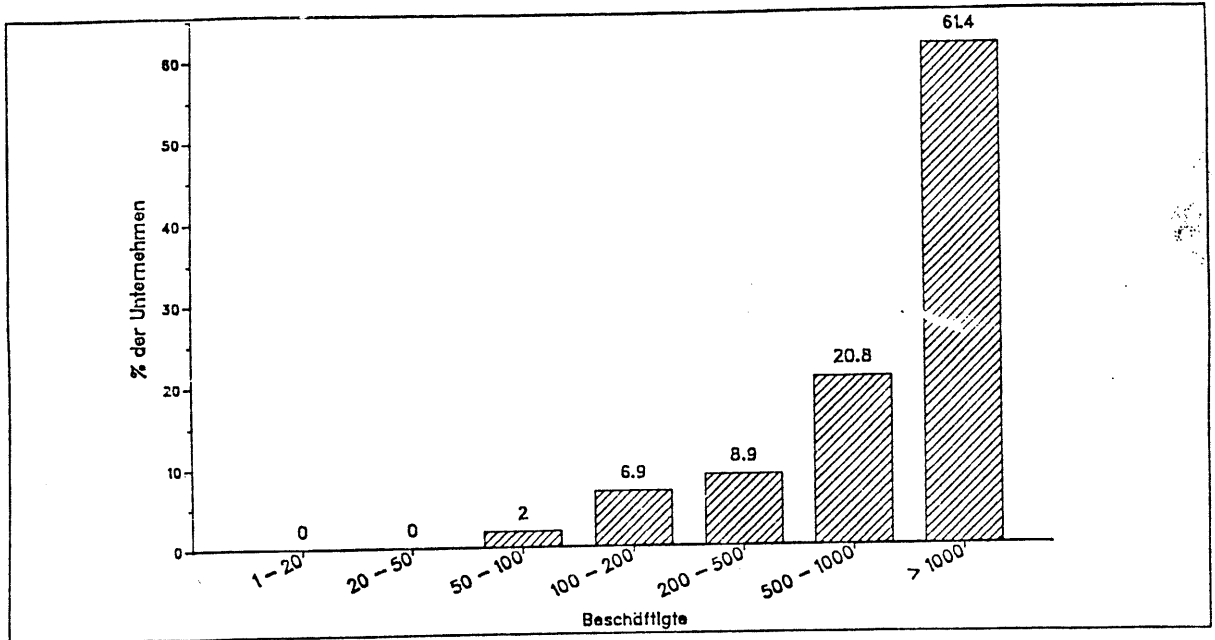
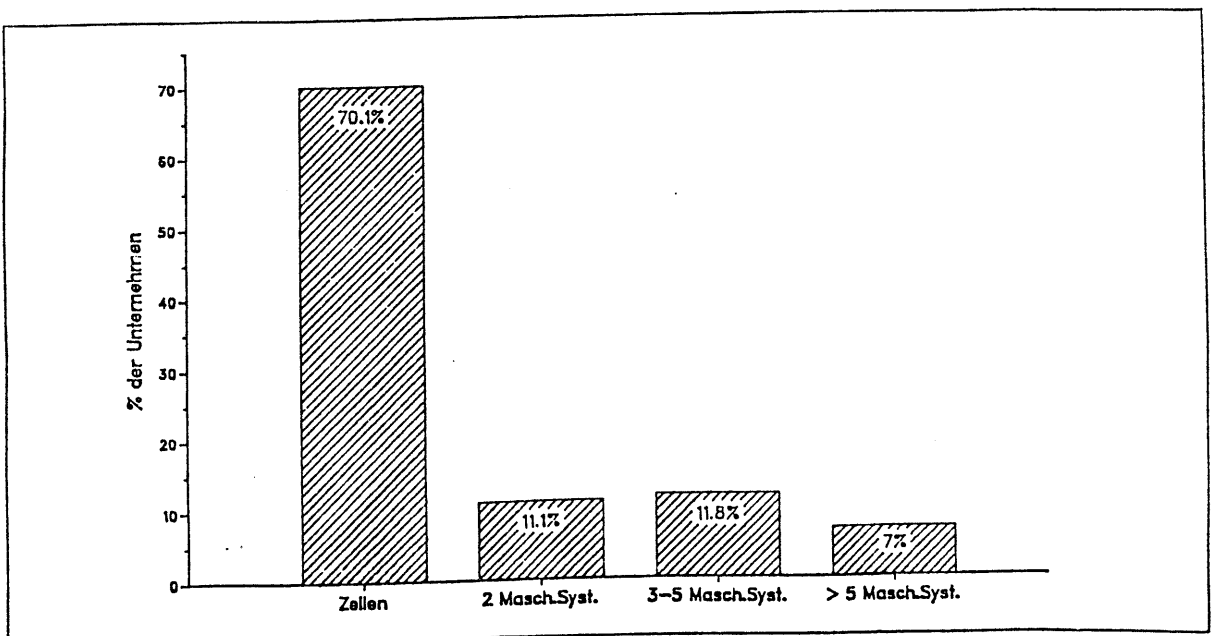


Abbildung 4: Systemgrößenverteilung





Eine Analyse der installierten Systemgrößen in Abhängigkeit von der Unternehmensgröße (Beschäftigtenzahl) ergibt, daß der Anteil der Großunternehmen ( 1.000 Beschäftigte) an den Anwendern mit sinkender Systemgröße abnimmt. Diese Unternehmen haben bei Systemen mit mehr als 5 Maschinen einen Anteil von fast 90 %, bei Zelleninstallationen nur noch einen Anteil von 56 %. Die verstärkte Installation von Zellen und kleineren Systemen steht also auch in engem Zusammenhang mit einer stärker werdenden Konfrontation von kleinen und mittleren Unternehmen mit der flexiblen Fertigungstechnologie.

Vor dem Hintergrund dieser Grundgesamtheit von FFS/FFZ Installationen in der Bundesrepublik Deutschland konnten mittels der eingangs angesprochenen schriftlichen Umfrage zu 93 Installationen einige detailliertere Informationen gewonnen werden, und zwar:

35 flexible Fertigungszellen, 22 Zwei-Maschinensysteme, 21 Systeme mit 3 bis 5 Maschinen und 15 Systeme mit mehr als 5 Maschinen. Ein Vergleich der Anwenderunternehmen dieser 93 Installationen mit der Gesamtheit der Anwender von FFS/FFZ in der Bundesrepublik, hinsichtlich Branche und Unternehmensgröße (Beschäftigte) ergab bei der Branchenverteilung keine wesentlichen Abweichungen; hinsichtlich der Unternehmensgrößenverteilung sind kleinere Unternehmen mit weniger als 200 Mitarbeitern etwas unterrepräsentiert.

Stärkere Abweichungen ergeben sich beim Vergleich der Verteilung der Systemgrößen. Während bei Mehrmaschinensystemen alle Gruppen zu ca. 70 % in der schriftlichen Umfrage erfaßt werden konnten, sind die Zellen nur zu 18 % vertreten. Diese Abweichung hat zwei Hauptgründe:

- Wie der Vergleich der Beschäftigtengrößenklassen gezeigt hat, haben kleinere Firmen seltener geantwortet. Kleinere Firmen haben aber hauptsächlich nur flexible Fertigungszellen installiert.
- Größere Firmen mit mehreren Installationen haben die Fragebögen oft nur für ihre größeren (d.h. Mehrmaschinen-)Installationen beantwortet und über installierte Zellen keine Information gegeben.

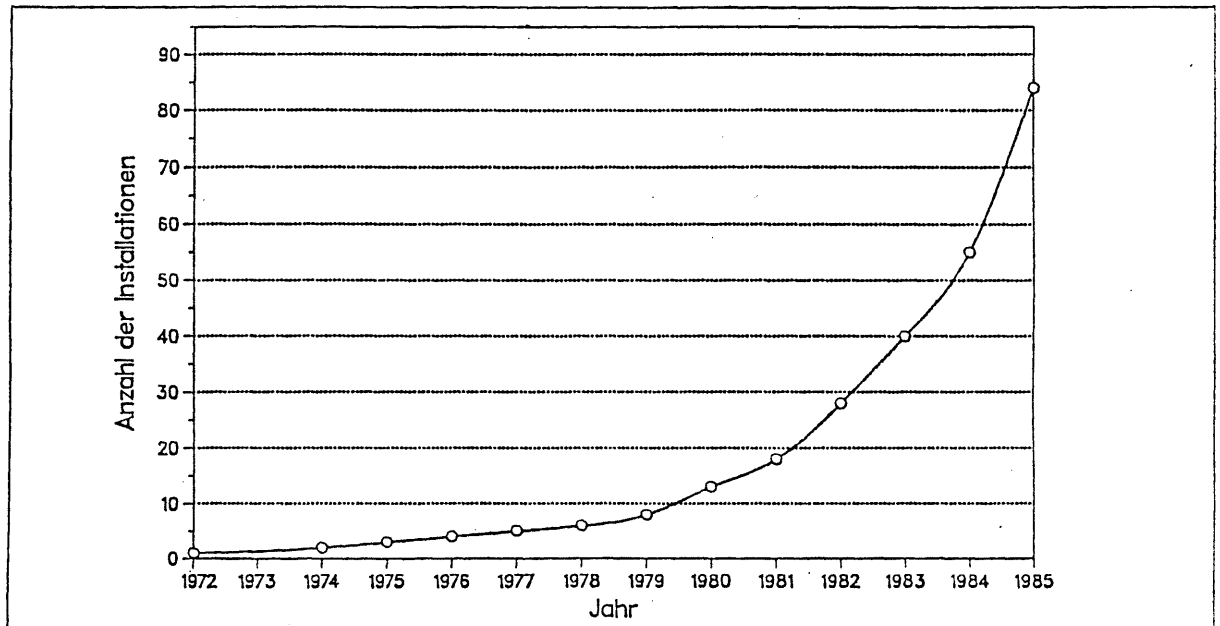
Für die nachfolgenden quantitativen Auswertungen bedeutet dies, daß nach Systemgrößenklassen aufgesplittete Angaben repräsentativ sind, während auf alle Installationen bezogene Durchschnittswerte den Verzerrungen des unterschiedlichen Antwortverhaltens unterliegen. Sie dürfen daher nicht absolut betrachtet werden, wenn zwischen den einzelnen Größenklassen signifikante Abweichungen bestehen.

## 1.2 Entwicklungstrends

Analysiert man die in den bundesdeutschen Betrieben eingesetzten FFS/FFZ, zu denen in der Umfrage Informationen gewonnen werden konnten, nach dem Jahr ihrer Installation so zeigt sich, daß der Ersteinsatz etwa im Jahr 1972 zu verzeichnen war. Bei dieser Erstinstallation handelte es sich um ein FFS mit dem auf 10 verketteten Werkzeugmaschinen Großteile für Druckmaschinen gefertigt wurden. Auch in anderen Ländern wurden FFS erstmals Anfang der siebziger Jahre eingeführt. Bis etwa 1980 verlief der Einsatz eher zögernd. Im Jahr 1980 waren erst 14 Systeme im Einsatz, Warnecke (1958) spricht 1983 von 25 Systemen. Die Gründe dafür sind zum Teil im geringen Marktangebot von FFS zu sehen. Die ersten realisierten flexiblen Fertigungssysteme waren in der Regel aus spezifischen betrieblichen Anforderungen der jeweiligen Anwenderfirma entstanden, die im allgemeinen nicht reproduzierbar waren. Nachteilig für eine rasche Einführung von FFS/FFZ wirkte sich auch der - mangels Vorbild - große Zeit- und Kostenaufwand für Planung und Realisierung aus. Die hohen risikobehafteten Investitionen schreckten in den ersten Jahren der Verbreitung von FFS viele potentielle Anwender ab. Die zögernde Verbreitung von flexiblen Fertigungssystemen in den siebziger Jahren erklärt sich auch aus der damals vertretenen System-Philosophie: Man bevorzugte Groß-FFS (mit mehr als fünf verketteten Maschinen), um mit diesen automatisierten Systemen die "mannlose" Fabrik zu realisieren. Ab 1980 beschleunigte sich die Verbreitung und erreichte in den Jahren 1984 und 1985 eine **Verdoppelung** des Standes von 1983 (vgl. Abb. 5).

Zur Verbreitung von FFS/FFZ tragen auch Veränderungen im notwendigen Investitionsaufwand bei. Insgesamt konnten durch Standardisierung des Planungsprozesses und der Systemkomponenten die notwendigen Investitionskosten pro verketteter Maschine erheblich gesenkt werden. Außerdem zeigt sich, daß sich der anteilige Investitionsaufwand für Bearbeitungs- und Materialflusssysteme verschoben hat. Während in der Frühphase des FFS-Einsatzes etwa 30 % der Kosten für das im eigentlichen Sinn nicht produktive Materialflusssystem aufgewendet wurden, konnte dieser Anteil mittlerweile auf etwa 20 % gesenkt werden. Die Wirtschaftlichkeit des Gesamtsystems wird somit verbessert. Trotzdem bestehen immer noch erhebliche Schwierigkeiten, die Wirtschaftlichkeit eines FFS/FFZ mit den herkömmlichen Methoden der Wirtschaftlichkeitsrechnung nachzuweisen.

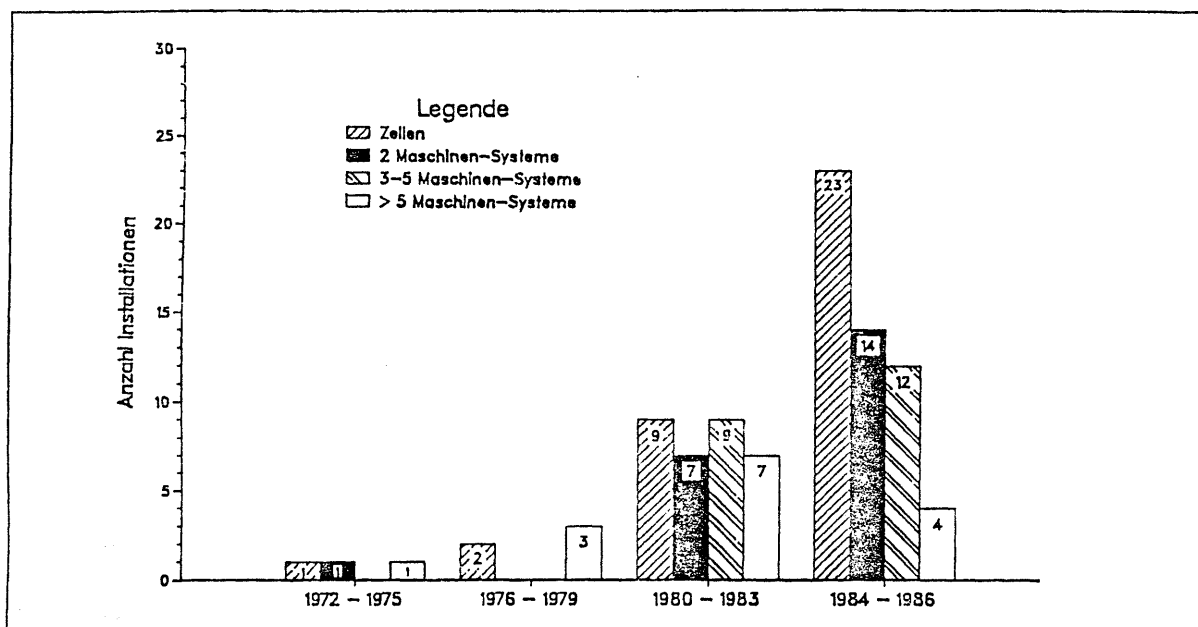
Abbildung 5: Entwicklung der Installationszahlen der detailliert erfaßten Systeme



Betrachtet man nun in einer differenzierten Analyse die Installationszahlen nach Systemgrößenklassen und Einsatzzeiträumen, ergibt sich folgendes Bild (vgl. Abb. 6): Der Anfang der Entwicklung ist geprägt von flexiblen Fertigungszellen einerseits und Groß-FFS ( 5 Maschinen) andererseits. Kleinere FFS (zwischen 2 und 5 Maschinen) werden erst zwischen 1980 und 1983 in nennenswerter Zahl eingesetzt. In diesem Zeitraum verlaufen die Einsatzzahlen in den vier Größenklassen noch in etwa parallel. In den letzten beiden Jahren differiert die Entwicklung jedoch stark. Flexible Zellen zeigen einen sprunghaften Anstieg, Klein-FFS (2 - 5 Maschinen) befinden sich ebenfalls im Wachstumsbereich (allerdings weniger stark als Zellen), der Einsatz von Groß-FFS ( 5 Maschinen) hingegen stagniert und zeigt sogar abnehmende Tendenz. In der Zukunft scheinen also flexible Zellen und Klein-FFS immer wichtiger zu werden.

Man kann sogar sagen, daß erst der Einsatz von kleineren, weniger komplexen und damit auch weniger risikobehafteten Systemen und Zellen, die starke Verbreitung von FFS/FFZ in den beiden letzten Jahren bewirkt hat. Die anfängliche Philosophie der Großsysteme konnte sich für den breiten Einsatz nicht behaupten.

Abbildung 6: Entwicklung der Einsatzzahlen in Abhängigkeit von der Systemgröße



### 1.3 Einsatzbereiche flexibler Fertigungssysteme und -zellen

In der Literatur wird die Diskussion um den Einsatz flexibler Fertigungssysteme/-zellen häufig unter dem Schlagwort "Flexibilisierung" geführt.

FFS sollen helfen, den durch kürzere Produktlebenszyklen, vergrößerte Variantenvielfalt etc. verringerten Seriengrößen wirtschaftlich zu begegnen. So argumentiert z.B. Schulz (1983): "Die heutige Fertigungstechnik sieht sich zunehmend rasch ändernden Anforderungen des Marktes ausgesetzt: steigende Variantenzahl, kürzere Produktlebensdauer, kleiner werdende Lösgrößen bzw. häufigere Produktumstellungen. Die Antwort hierauf ist die flexible Fertigung: Fertigungsinseln, Fertigungszellen, flexible Fertigungssysteme sind Stichworte, die die ganze Bandbreite der Fertigungskonzepte beschreiben".

Auch Warnecke (1985) vertritt diese Meinung: "Der Markt hat sich für viele industrielle Güter zum Käufermarkt entwickelt. Die Wirtschaftlichkeit eines Unternehmens ist nicht mehr allein durch Mengenproduktion und Umsätze gekennzeichnet, sondern das Überleben vieler Betriebe wird mehr dadurch bestimmt, daß sie flexibler am Markt agieren. Für die Unternehmen bedeutet dies, daß sie mit steigender Produkt- und Teilevielfalt, höheren Qualitäts-

ansprüchen und kürzeren Produktentwicklungs- und Lieferzeiten fertig werden müssen. Und dies bedeutet auch, daß das heute noch vorherrschende Streben nach hoher Produktivität ergänzt werden muß durch das Streben nach hoher Flexibilität. Eine Maßnahme hierzu ist der Einsatz von hochautomatisierten flexiblen Fertigungssystemen in der Teilefertigung".

Diesem Argument liegt die Annahme zugrunde, daß die Anwender flexibler Fertigungssysteme und -zellen bisher in großen Serien auf Transferstraßen äußerst produktiv, aber wenig flexibel gefertigt haben.

Der typische Einsatzbereich von FFS/FFZ liegt zwischen den Polen der hochproduktiven aber unflexiblen Fertigung großer Serien derselben Teile auf Transferstraßen und der hochflexiblen aber wenig produktiven Fertigung vieler verschiedener Teile in kleinen und mittleren Serien auf Universalmaschinen in der Klein- und Mittelserienfertigung mit mittlerer Teilevielfalt (vgl. Abb. 7).

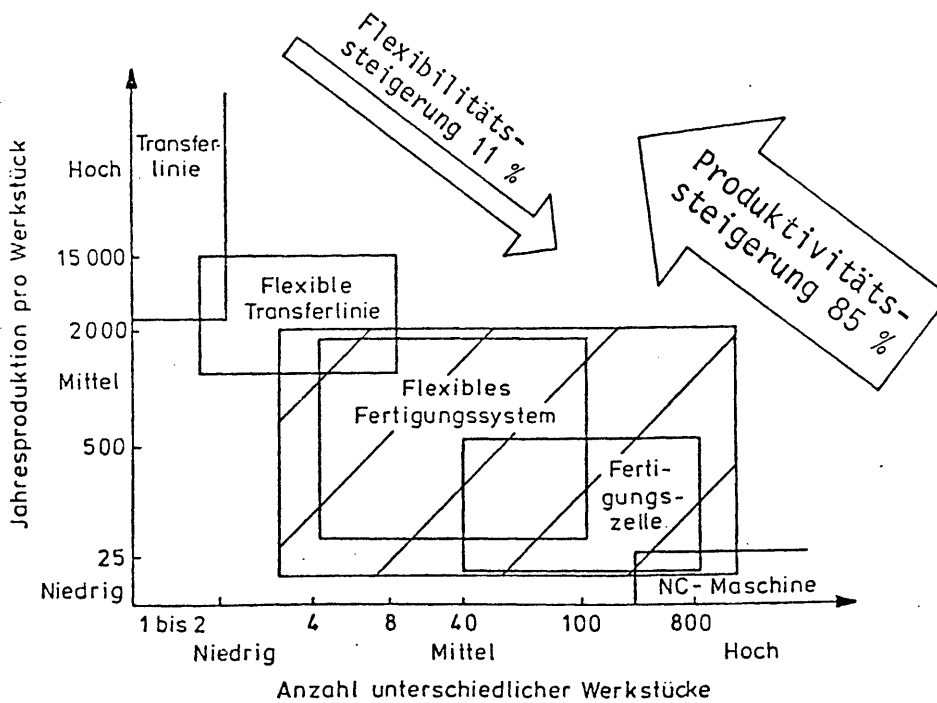
Beim FFS-Einsatz können also zwei völlig verschiedene Ausgangslagen vorliegen. Analysiert man nun die Art der durch FFS/FFZ ersetzten Fertigung, so zeigt sich, daß FFS/FFZ nur in 11 % der Fälle wegen sinkender Losgrößen und steigender Variantenvielfalt eine Transferfertigung ablösen, mithin der Erhöhung der Flexibilität dienen.

In der überwiegenden Zahl der FFS-Einsätze werden unverkettete konventionelle oder NC/CNC-Maschinen abgelöst, auf denen bisher äußerst flexibel aber wenig produktiv in kleinen bis mittleren Serien gefertigt wurde. Diese Art des FFS/FFZ-Einsatzes dient einer Steigerung der Produktivität durch Erhöhung des Automatisierungsgrades der Klein- und Mittelserienfertigung, für die die bisherigen Mittel der starren Automation nicht geeignet waren.

Dieser Zusammenhang ist jedoch abhängig von der Größe der installierten Systeme. Während Groß-FFS ( 5 Maschinen) noch zu rund einem Drittel Transferstraßen ersetzen, reduziert sich dieser Anteil mit sinkender Systemgröße kontinuierlich.

Bei FFS zwischen 3 und 5 Maschinen sind es noch knapp 20 %, bei Zwei-Maschinen-Systemen ca. 5 % und flexible Fertigungszellen ersetzen in keinem Fall Transferstraßen. Da der Wachstumsbereich aber gerade bei Zellen und Klein-FFS liegt, wird in Zukunft der Produktivitätssteigerungsaspekt noch größere Bedeutung gegenüber dem Flexibilisierungsaspekt gewinnen.

Abbildung 7: Art der ersetzten Fertigung bei Einsatz von FFS/FFZ



Quelle: ISI/IAB/IWF - Der Einsatz flexibler Fertigungssysteme



## 2. Technische Kennzeichen installierter flexibler Fertigungssysteme und -zellen

Wie eingangs bei der Definition von FFS erläutert, gliedert sich ein flexibles Fertigungssystem in die Subsysteme

- Bearbeitungssystem,
- Materialflußsystem und
- Informationssystem,

deren Komplexitäts- wie auch Automatisierungsgrad unterschiedlich sein kann.

### 2.1 Bearbeitungssystem

Das Bearbeitungssystem läßt sich im wesentlichen durch die eingesetzten Werkzeugmaschinenarten charakterisieren. Für die 93 FFZ/FFS, zu denen in der schriftlichen Umfrage Informationen gewonnen werden konnten, stellt sich die Verteilung der integrierten Maschinenarten folgendermaßen dar: Mit über 56 % dominieren eindeutig Bearbeitungszentren. In der Rubrik "Sonstige" enthaltene Sondermaschinen sowie Drehmaschinen sind zu jeweils ca. 16 % in den Systemen bzw. Zellen vertreten.

Wie Tabelle 1 zeigt, nimmt der Anteil an Bearbeitungszentren mit steigender Systemgröße ab und die übrigen Maschinenarten werden wichtiger. Vor allem werden Sondermaschinen verstärkt in die Systeme einbezogen. Größere Systeme stellen somit häufiger eine sich ergänzende Fertigung dar, während bei den kleineren Systemen (vor allem den 2-Maschinen-Systemen) sich ersetzende Fertigung vorherrscht. Heute eingesetzte flexible Fertigungszellen sind zu über 70 % auf der Basis von Bearbeitungszentren aufgebaut. Drehzellen sind nur zu 23 % im Einsatz. Das auf der EMO 1985 in Hannover gezeigte Marktangebot an flexiblen Drehzellen mit neuentwickeltem automatischem Spannbakkenwechsel läßt jedoch erwarten, daß künftig auch flexible Drehzellen in größerem Umfang eingesetzt werden.

Eine Analyse der WZM-Hersteller zeigt, daß ein breites Spektrum von Anbietern von FFS/FFZ besteht, eindeutige Dominanzen lassen sich nicht erkennen. Anders verhält es sich auf dem Sektor der numerischen Steuerungen, hier dominieren ganz klar zwei Anbieter, nämlich Siemens und Bosch.

Tabelle 1: Eingesetzte Maschinenarten

(in % der in der jeweiligen Gruppe insgesamt eingesetzten Maschinen)

Systemgröße Maschinenart	Zellen	2-Maschinen- Systeme	3- bis 5-Maschinen- Systeme	> 5-Maschinen- Systeme	Insgesamt
Bearbeitungszentren	71,4	77,3	67,1	40,5	56,6
Drehmaschinen	22,9	2,3	19,7	15,2	15,6
Fräsmaschinen	-	2,3	1,3	11,4	6,5
Bohrmaschinen	-	-	1,3	3,8	2,3
Schleifmaschinen	5,7	-	6,6	3,2	2,9
Sonstige	-	18,1	3,9	25,9	16,2

## 2.2 Materialflußsystem

Die zur Automatisierung des Materialflusses eingesetzten Verkettungseinrichtungen differieren stark in Abhängigkeit von der Systemgröße (vergleiche Tab. 2).

Flexible Fertigungszellen auf der Basis eines Bearbeitungszentrums sind zum überwiegenden Teil (64 %) über einen Palettenwechsler mit einem Palettenpool von meistens 6, 8 oder 12 Palettenplätzen verkettet. In geringerem Umfang (20 %) werden auch schienengebundene Wagen zum Transport eingesetzt. Dies ermöglicht eine leichte Erweiterbarkeit der Zelle zu einem Zwei- oder Mehrmaschinensystem.

Bei flexiblen Drehzellen ist der Werkstücktransport zum größten Teil (40 %) über ein Transportband realisiert. Ebenfalls relevante technische Lösungen sind Rollenbahnen und Portallader (je 20 %). Wie das Marktangebot auf den einschlägigen Fachmessen zeigt, dürfte jedoch in Zukunft der Trend zum Portallader als Verkettungseinrichtung für flexible Drehzellen verstärkt werden.

Meistgebrauchte Verkettungseinrichtungen bei 2-Maschinen-Systemen ist der schienengebundene Wagen (41 %). Der Anteil induktiv gesteuerter Wagen ist bei 2-Maschinen-Systemen noch relativ gering (9 %).



Bei 3 - 5-Maschinen-Systemen ist ebenfalls der schienengebundene Wagen die meist verwendete Verkettungseinrichtung (38 %). Allerdings nimmt hier die Bedeutung von induktiv geführten Wagen zu (14 %). Relevant ist ebenfalls das Transportband als Verkettung (19 %).

Bei Systemen mit mehr als fünf Maschinen ist der induktiv geführte Wagen zur meistgebrauchten Verkettungseinrichtung geworden, während die Bedeutung des schienengebundenen Wagens deutlich nachläßt. Fast gleichrangig mit dem induktiv geführten Wagen werden jedoch auch Rollenbahnen und Transportbänder eingesetzt (je 20 %).

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß Hängebahnen und Industrieroboter als Verkettungseinrichtung von FFS/FFZ kaum eine Rolle spielen. Der Einsatz von induktiv geführten Wagen steigt mit zunehmender Systemgröße und wird sich also, da der wachstumsträchtige Bereich eher bei Zellen und Klein-FFS liegt, wahrscheinlich nicht wesentlich ausweiten.

Tabelle 2: Art der Verkettung (Mehrfachnennungen möglich; in % der Spalte)

Systemgröße Art der Verkettung	Zellen (BAZ) n = 25	Zellen (Dreh + sonst) n = 10	2-Maschinen- Systeme n = 22	3- bis 5-Maschinen- Systeme n = 21	> 5-Maschinen- Systeme n = 15
Rollenbahn	8,0	20,0	13,6	9,5	20,0
Hängebahn	-	10,0	-	4,8	6,7
Transportband	-	40,0	-	19,0	20,0
Portallader	4,0	20,0	4,5	9,5	6,7
Palettenwechsler zum Palettenpool	64,0	-	18,1	-	-
Industrieroboter	-	10,0	-	4,8	6,7
schieneng. Wagen	20,0	-	40,9	38,1	13,3
ind. geführter Wagen	4,0	-	9,1	14,3	26,7
Sonstiges	8,0	-	22,7	9,5	6,7
keine Angabe	-	-	4,5	9,5	-

### 2.3 Informationssystem

Wesentliches Kriterium für den Automatisierungsgrad des Informationssystems von FFS/FFZ ist das Vorhandensein eines zentralen, übergeordneten Rechners. Ein solcher zentraler Rechner ist in knapp der Hälfte (46 %) aller detailliert erfaßten Systemlösungen integraler Bestandteil.

Aus einer differenzierten Analyse installierter FFS/FFZ-Lösungen wird ersichtlich, daß die Existenz eines zentralen Rechners stark von der Systemgröße abhängt. Während flexible Zellen auf der Basis von Bearbeitungszentren nur zu 32 % und flexible Drehzellen in keinem erfaßten Fall über einen zentralen Rechner verfügen, sind Systeme mit mehr als 5 Maschinen zu 80 % mit einem zentralen Rechner ausgestattet.

Tendenziell nimmt also der Einsatz von zentralen Rechnern mit der Systemgröße zu. Eine Abweichung von dieser Tendenz läßt sich allerdings bei 2-Maschinen-Systemen feststellen. Sie verfügen öfter über einen zentralen Rechner als 3 - 5-Maschinen-Systeme. Eine Erklärung hierfür ist, daß 2-Maschinen-Systeme häufig als "schlüsselfertige" Lösung vom Hersteller mit einem zentralen Rechner ausgestattet sind, während größere FFS Maschinen von mehreren Herstellern integrieren und die Steuerungssoftware deshalb individuell entwickelt werden muß.

Betrachtet man nun die vom Leitreechner (falls vorhanden) geführten Funktionsbereiche (vgl. Tab. 3) zeigt sich, daß die **Fertigungsfeinsteuerung** den Schwachpunkt der Automatisierung darstellt, sie wird nur in 46 % der Fälle vom Rechner übernommen. Am häufigsten wird der Rechner für DNC-Betrieb (83 %) und Transportsteuerung (74%) eingesetzt. Allerdings zeigt sich auch hier wieder eine deutliche Abhängigkeit von der Systemgröße. Sowohl bei der Betriebsdatenerfassung, der Transportsteuerung wie auch der Fertigungsfeinsteuerung zeigt sich eine deutlich steigende Tendenz zur Rechnerführung bei zunehmender Systemgröße. Dagegen nimmt die Häufigkeit der Übernahme der Werkzeugverwaltung mit steigender Systemgröße ab.

Tabelle 3: Leitrechnergeführte Steuerungsfunktionen an flexiblen Fertigungssystemen

(in Abhängigkeit von der Systemgröße; in % der Nennungen)

<div>Systemgröße Funktion</div>	2-Maschinen- Systeme	3- bis 5-Maschinen- Systeme	> 5-Maschinen- Systeme	Insgesamt
DNC	85	80	83	83
BDE	54	60	75	63
Transportsteuerung	62	80	83	74
Fertigungsfeinststeuerung	38	40	58	46
Werkzeugverwaltung	85	60	33	60
n =	13	10	12	35

Betrachtet man die zeitliche Entwicklung des Einsatzes von zentralen Rechnern, fällt auf, daß die frühesten Systeme/Zellen bis 1978 mit der Ausnahme eines Groß-FFS aus dem Jahre 1972 noch nicht über einen zentralen Rechner verfügten. Der Rechnereinsatz war in den Jahren 1979 - 1981 dann stark, flaute zwischen 1982 und 1984 ab und steigt - als jüngste Entwicklung - 1985 und 1986, sofern schon Planungen bekannt sind, weiter an. Eine Analyse nach Systemgröße und Installationsjahr zeigt, daß dieser Anstieg auf den verstärkten Einsatz eines zentralen Rechners auch bei Zellen und 2-Maschinen-Systemen zurückzuführen ist. Da diese beiden Gruppen die wachstumsträchtigsten sind, ist für die Zukunft ein weiterer Anstieg des Einsatzes von zentralen Rechnern zu erwarten.

### 3. Arbeitsorganisation an flexiblen Fertigungssystemen und -zellen

#### 3.1 Schicht- und Personaleinsatz

Flexible Fertigungssysteme und -zellen sind für die Unternehmen mit vergleichsweise hohen Investitionen verbunden. Eine wirtschaftliche Nutzung dieser kapitalintensiven Anlagen wird vielfach nur in einer mehrschichtigen Auslastung für möglich gehalten. Vor diesem Hintergrund erbrachte die Befragung der FFS/FFZ-Nutzer folgendes Ergebnis: Nahezu alle Systeme, unabhängig von der Systemgröße werden mindestens zweischichtig genutzt. Die Einsatzhäufigkeit in der dritten Schicht zeigt geringfügige Schwankungen zwischen den Systemgrößen, jedoch werden Zellen und 2-Maschinen-Systeme noch häufiger in der dritten Schicht genutzt als größere Systeme. Im Durchschnitt wird etwas mehr als die Hälfte aller Systeme dreischichtig genutzt. Der Trend zu kleineren Systemen und Zellen verringert also den Einstieg in die Schichtarbeit keineswegs.

Betrachtet man die pro Schicht eingesetzte Mitarbeiterzahl pro Maschine (vgl. Tab. 4), zeigt sich, daß in der zweiten Schicht gegenüber der ersten Schicht Personal reduziert wird und die dritte Schicht einen noch geringeren Personaleinsatz aufweist. Das Personal wird bei Zellen und 2-Maschinen-Systemen in der dritten Schicht auf rund ein Drittel des Personals in der ersten Schicht reduziert, bei 3- bis 5-Maschinen-Systemen auf 45 % und bei Groß-FFS auf 57 % reduziert. Die Gruppe der 3 - 5-Maschinen-Systeme weist in allen Schichten die geringste Mitarbeiterzahl/Maschine auf, dies läßt darauf schließen, daß sich bei dieser Systemgröße eine besonders effektive Personalnutzung hinsichtlich der Mehrmaschinenbedienung erreichen läßt. Groß-FFS hingegen weisen wieder einen höheren Personaleinsatz auf, insbesondere wird das Personal in der dritten Schicht weniger stark reduziert. Dies ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, daß bei diesen komplexen Anlagen die Gefahr von Ausfällen mit den dadurch entstehenden Kosten stärker zu Buche schlägt als höhere Personalkosten des eingesetzten Überwachungs-personals.

Tabelle 4: Anzahl Mitarbeiter pro Maschine/Schicht

Systemgröße Schichten	Zellen	2-Maschinen- Systeme	3- bis 5-Maschinen- Systeme	> 5-Maschinen- Systeme	Insgesamt
1. Schicht	0,868	0,904	0,643	0,904	0,830
2. Schicht	0,793	0,695	0,572	0,594	0,664
3. Schicht	0,305	0,325	0,293	0,518	0,360

### 3.2 Arbeitsplatzprofile

Eine Analyse der Arbeitsorganisation an FFS/FFZ bezieht sich u.a. auf die Frage, welche Arbeitsplätze eingerichtet wurden, welche Aufgaben an den einzelnen Arbeitsplätzen wahrgenommen werden und welche Form der **Arbeits-  
teilung** somit besteht.

Beim Einsatz von FFS/FFZ sind vom Bedienpersonal hauptsächlich folgende Funktionen zu erfüllen:

- Programmieren,
- Programme testen und korrigieren,
- Verantwortung für einwandfreie Funktion des Systems,
- Fertigungssteuerungsaufgaben,
- Werkzeuge voreinstellen,
- Werkzeuge bereitstellen, Magazine bestücken,
- Werkstücke auf- und abspannen,
- Vorrichtungen rüsten/umrüsten,
- Bearbeitung überwachen, Späne entfernen etc.,
- Wartungsaufgaben,
- kleinere Störungen beseitigen,
- Instandhaltung/Reparatur,
- Maßkontrolle während der Bearbeitung und
- die Kontrolle der fertigen Teile.

Der Grad der Arbeitsteilung an FFS/FFZ bestimmt sich nun danach, welche und wieviele dieser Funktionen zu einem oder mehreren Arbeitsplätzen zusammengefaßt werden. Um die erfaßten Systeme und Zellen im Hinblick auf die jeweils realisierte Arbeitsteilung einordnen zu können, werden aus der Vielfalt der Kombinationsmöglichkeiten zwei Grundtypen der Arbeitsorganisation gebildet, die sich folgendermaßen charakterisieren lassen:

#### Grundtyp I (schwache Arbeitsteilung)

- Durch den Systembediener werden permanent oder durch Job-Rotation folgende Aufgaben am System erfüllt:
  - o Testen und korrigieren von Programmen,
  - o Werkzeuge bereitstellen, Magazine bestücken,
  - o Werkstücke auf- und abspannen,
  - o Bearbeitung überwachen,
  - o Vorrichtungen umrüsten,es sei denn, diese Tätigkeiten sind automatisiert oder fallen überhaupt nicht an.
- Dem Systembediener sind darüber hinaus **zwei von drei** der nachfolgenden Tätigkeiten übertragen:
  - o Verantwortung für einwandfreie Funktion des Systems,
  - o Beheben von kleinen Störungen,
  - o Kontrollfunktion(en) (während der Fertigung **und/oder** Endkontrolle).
- Darüber hinaus ist für eine schwache Arbeitsteilung charakteristisch, daß es **direkt** am System keinen anderen Arbeitsplatz mit eingeschränktem Aufgabengebiet (außer bei Job Rotation) gibt.

#### Grundtyp II (starke Arbeitsteilung)

Direkt am System werden mehrere unterschiedliche Arbeitsplätze, wie Einrichten, Palettieren, Vorrichtungsumrüster etc. gebildet.

Eine Klassifikation der Systeme nach diesen Grundtypen der Arbeitsteiligkeit zeigt Tabelle 5. Wie man sieht, werden gut die Hälfte aller Systeme, nämlich 56 %, stark arbeitsteilig betrieben.

Abweichungen von diesem Durchschnitt treten bei Zellen und 2-Maschinen-Systemen auf. Während Zellen in leicht unterdurchschnittlichem Maße arbeitsteilig eingesetzt werden (50 %), werden 70 % der 2-Maschinen-Systeme stark arbeitsteilig betrieben. Da aber gerade diese Systemgrößen den Wachstumsbereich darstellen, ist es wichtig, die Gründe für die spezifische Wahl der Arbeitsorganisation in weitergehenden Untersuchungen zu ermitteln.

Generell läßt jedoch die fast hälftige Aufteilung der erfaßten Systeme in solche mit schwach und solche mit stark arbeitsteiligem Arbeitskräfteeinsatz vermuten, daß die Art der Arbeitsorganisation weniger durch fertigungstechnische Sachzwänge bestimmt ist, als mit den in den jeweiligen Fertigungsbereichen oder Betrieben dominierenden Formen der Arbeitskräftenutzung zu tun hat (vgl. Lutz/Schultz-Wild (1983)).

Tabelle 5: Grad der Arbeitsteiligkeit der Systeme in Abhängigkeit von der Systemgröße

Systemgröße Grad der Arbeits- teiligkeit	Zellen		2-Maschinen- Systeme		3- bis 5-Maschinen- Systeme		> 5-Maschinen- Systeme		Insgesamt	
	abs.	%	abs.	%	abs.	%	abs.	%	abs.	%
stark arbeitsteilig	17	50	14	70	11	55	6	55	48	56
schwach arbeitsteilig	17	50	6	30	9	45	5	45	37	44

n = 85 Installationen

Aufbauend auf dieser Grobklassifikation der Arbeitsorganisation an FFS/FFZ läßt sich nunmehr das Aufgabenspektrum der Systembediener in schwach arbeitsteiligen Systemen folgendermaßen beschreiben (Grundtyp I):

Nahezu immer (Häufigkeit größer 80 %) erfüllt der Systembediener folgende Aufgaben:

- Programme testen und korrigieren,
- Verantwortung für einwandfreie Funktion des Systems,
- Werkzeuge bereitstellen, Magazine bestücken,
- Werkstücke auf- und abspannen,
- Vorrichtungen rüsten/umrüsten,
- Bearbeitung überwachen, Späne entfernen etc.



Sehr oft (Häufigkeit größer 60 %) werden darüber hinaus folgende Aufgaben übernommen:

- kleinere Störungen beheben.
- Maßkontrolle während der Bearbeitung.

#### Die Tätigkeiten

- Programmieren,
- Fertigungssteuerungsaufgaben und
- Instandhaltung/Reparatur

finden dagegen fast immer in dem System vor- oder nachgelagerten Bereichen statt. Der Systembediener übernimmt sie, wenn überhaupt nur als Mithilfe für einen Spezialisten von Abteilungen außerhalb des Systems. Diese Form der Arbeitsorganisation korrespondiert weitgehend mit der Arbeitsorganisation, wie sie zum Beispiel am flexiblen Fertigungssystem der Zahnradfabrik Friedrichshafen im Rahmen eines Pilotprojekts mit arbeits- und sozialwissenschaftlicher Begleitforschung als Alternative zur herkömmlichen Arbeitsteilung realisiert wurde (vgl. Schultz-Wild, Asendorf u.a. 1986).

Dieses Arbeitsplatzprofil des Systembedieners in schwach arbeitsteiligen Systemen wird nun bei stark arbeitsteiligen Systemen (Grundtyp II) auf mehrere Arbeitsplätze (Funktionsträger), wie z.B.

- Maschinenbediener
- Einrichter
- Palettierer
- Meister/Vorarbeiter/Schichtführer/Leitstand
- Werkzeugvoreinsteller
- Vorrichtungsumrüster

aufgeteilt.

Man kann dabei zwei Hauptgruppen von Arbeitsplatzkombinationen unterscheiden:

#### - Grundtyp IIa: Einrichter und Maschinenbediener

In diesem Fall werden vor allem die Funktionen

- o Programme testen und korrigieren,
- o Verantwortung für einwandfreie Funktion des Systems,
- o Werkzeuge bereitstellen, Magazine bestücken und
- o kleinere Störungen beheben

vom Einrichter anstelle des Maschinenbedieners erledigt. Dieser wird somit eher auf das Aufgabenspektrum eines Palettierers beschränkt.



**- Grundtyp IIb: Maschinenbediener und Palettierer**

In diesem Fall übernimmt der Maschinenbediener eher Einrichterfunktion, während hauptsächlich die Tätigkeiten

- o Werkstücke auf- und abspannen,
- o Bearbeitung überwachen

aus seinem Aufgabengebiet ausgegrenzt werden und dem Palettierer übertragen werden.

In einigen Fällen existiert auch die extrem starke Arbeitsteilung Einrichter, Maschinenbediener und Palettierer.

Eine genaue Gegenüberstellung der Arbeitsplatzprofile, die bei starker und schwacher Arbeitsteilung entstehen, zeigt Abbildung 8. Wie man sieht, deckt der Maschinenbediener im stark arbeitsteiligen System zwar im Durchschnitt auch das gesamte Tätigkeitsspektrum ab, jedoch sind die Häufigkeiten mit denen einzelne Funktionen übernommen werden, aus den oben erläuterten Gründen teilweise stark eingeschränkt. Insbesondere sind das die Funktionen:

- Programme testen und korrigieren,
- Verantwortung für einwandfreie Funktion des Systems,
- Werkzeuge voreinstellen,
- Vorrichtungen rüsten/umrüsten,

die die Tätigkeitsschwerpunkte des Einrichters bilden, und die Funktionen

- Werkstücke auf- und abspannen und
- Bearbeitung überwachen,

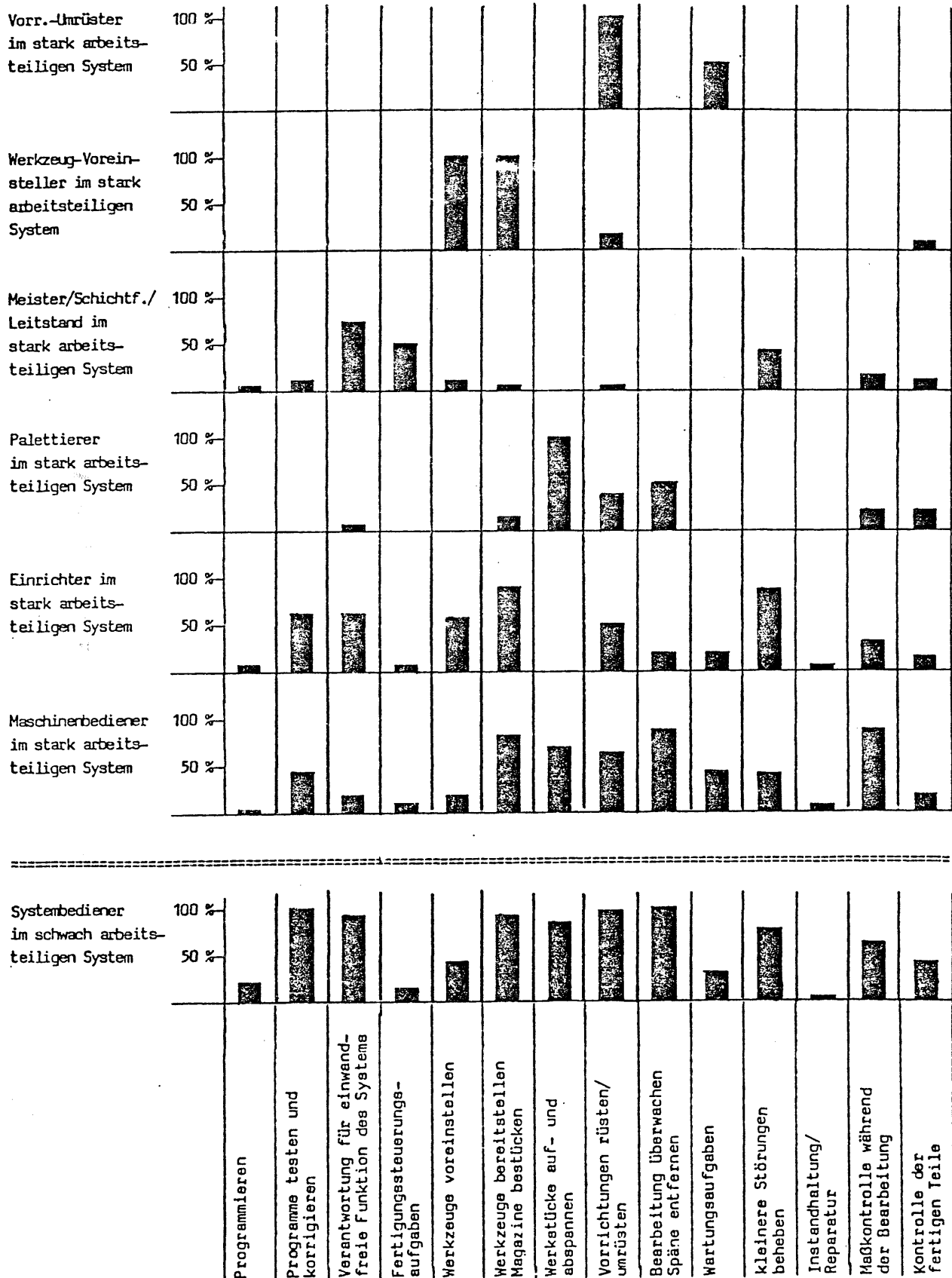
die die Tätigkeitsschwerpunkte des Palettierers ausmachen.

Falls am System der Arbeitsplatz eines Schichtführers/Leitstands eingerichtet wird, werden diesem vor allem folgende Tätigkeiten übertragen:

- Verantwortung für einwandfreie Funktion des Systems,
- Fertigungssteuerungsaufgaben und
- kleinere Störungen beheben.

Besonders hochspezialisierte Arbeitsplatzprofile weisen Werkzeugvoreinsteller und Vorrichtungsumrüster auf. Beim WZ-Voreinsteller beschränkt sich das Tätigkeitsspektrum auf das Voreinstellen und Bereitstellen von Werkzeugen, beim Vorrichtungsumrüster auf das Rüsten/Umrüsten von Vorrichtungen. In einem Fall werden auch noch Wartungsarbeiten übernommen.

Abbildung 8: Arbeitsplatzprofile verschiedener Funktionsgruppen am flexiblen Fertigungssystem



#### 4. Qualifikationsbedarf und Schulungsmaßnahmen

##### 4.1 Arbeitsorganisation und Schulungsaufwand

Insgesamt zeigen die Erhebungsergebnisse deutlich, daß mit der Einführung flexibler Fertigungszellen oder -systeme in der Regel in den Betrieben ein zusätzlicher Qualifikationsbedarf entsteht. Nahezu generell ist von mehr oder weniger langen Einarbeitungszeiten für das Bedienpersonal und teilweise auch für andere, mit den neuen Anlagen befaßte Arbeitskräfte (wie z.B. Programmierer oder Instandhaltungspersonal) auszugehen. Diese Einarbeitungszeit fällt meist mit dem Einfahren der neuen Anlagen zusammen, in der eine volle Produktionsleistung oft auch aus technischen Gründen noch nicht erwartet werden kann; ihre Länge nimmt in der Regel mit der Größe und der Komplexität der neuen Systeme zu; entsprechend variabel ist auch der qualifizierende Charakter dieser Einarbeitung.

Darüber hinaus werden - vielfach mit der praktischen Einarbeitung verzahnt - explizite Schulungsmaßnahmen durchgeführt, etwa in der Form von Kursen bei den Herstellern von Maschinen und Steuerungen, bei Software-Häusern oder auch in den Ausbildungsabteilungen der Anwenderbetriebe selbst. Art, Umfang und Adressaten solcher Schulungsmaßnahmen sind abhängig von einer Vielzahl von Faktoren, wie etwa der Ausgangsqualifikation der eingesetzten Arbeitskräfte<sup>2)</sup>, der Größe des Innovationssprungs in der Fertigungstechnik, der Art der gewählten Arbeitsorganisation, ihrer Ähnlichkeit oder Unterschiedlichkeit zu sonst im Betrieb üblichen Formen des Arbeitskräfteeinsatzes usw. Zu einigen dieser Zusammenhänge lassen sich auf der Basis der Erhebungsergebnisse bestimmte Aussagen machen.

2) Bei der Entwicklung des Fragebogens zur schriftlichen Erhebung war erwogen worden, neben den Fragen zur Technik der eingesetzten Anlagen auch solche zur Arbeitsorganisation, zur Personalstruktur und -entwicklung usw. aufzunehmen. Darauf mußte jedoch weitgehend verzichtet werden. So fehlen beispielsweise Informationen über die Ausgangsqualifikation der an den neuen Anlagen eingesetzten Arbeitskräfte ebenso, wie über die Arbeitsorganisation in der konventionellen Fertigung der Anwenderbetriebe. Solchen Fragen wird im Rahmen des Projekts mit Hilfe von Betriebsfallstudien nachzugehen sein.

Einen ersten Überblick über die Verbreitung und den Adressatenkreis von Schulungsmaßnahmen gibt Tabelle 6. In 78 der 82 erfaßten Fälle (95 %) ist zumindest eine betriebliche Funktionsgruppe besonders für den Arbeitseinsatz am neuen System geschult worden. Bei schwach arbeitsteiligem System-einsatz wurde nur in einem, bei stärker ausgeprägter Arbeitsteilung in drei Fällen auf Schulungsmaßnahmen verzichtet.

Tabelle 6: Häufigkeit von Schulungsmaßnahmen für verschiedene betriebliche Funktionsgruppen in Abhängigkeit von der Arbeitsteiligkeit des Systems (Zeilenprozent, Mehrfachnennungen möglich)

Funktionsgruppe Arbeits- teiligkeit des Systems	keine Schulung (bei % der Systeme)	Maschi- nen-/ System- bedie- ner	Ein- richter	Program- mierer	Meister/ Vorar- beiter/ Leit- stand	Instand- haltung	Palet- tierer	Werkzeug- vorein- steller
schwach arbeitsteiliges System n = 36	2,8	94,4		52,8	11,1	19,4		
stark arbeitsteiliges System n = 46	6,5	75,7	72,0	41,3	42,3	21,7	9,5	10,0
Systeme insgesamt n = 82	4,9	84,9	72,0	46,3	24,2	20,7	9,5	10,0

Entsprechend den unterschiedlichen Arbeitsstrukturen unterscheidet sich auch der Adressatenkreis von Schulungsmaßnahmen nach der Arbeitsteiligkeit des Systemeinsatzes. Bei schwach arbeitsteiligem Systemeinsatz sind die Systembediener, die hier ja eine Vielzahl unterschiedlicher Funktionen zu erfüllen haben, fast immer (in ca. 95 % der Fälle) geschult worden. Bei hoher Arbeitsteiligkeit gab es Schulungsmaßnahmen für Maschinenbediener nur in drei Viertel der Fälle; dafür sind hier fast ebenso oft Einrichter besonders auf die neuen Arbeitsaufgaben vorbereitet worden. Die Einbeziehung von Meistern, Vorarbeitern oder Leitstandpersonal in Schulungsmaßnahmen ist bei hoher Arbeitsteiligkeit weit häufiger als bei schwach ausgeprägter Arbeitsteilung (42 % resp. 11 % der Fälle).

Ob Programmierer und Instandhaltungspersonal geschult werden, ist offensichtlich weniger von der Arbeitsteiligkeit des Systemeinsatzes her bestimmt: Programmierer waren jeweils etwa in der Hälfte, Instandhaltungsfachkräfte in rund 20 % der Fälle Adressaten von Schulungsmaßnahmen. Nur selten (in ca. 10 % der Fälle) sind Pallettierer und Werkzeugvoreinsteller in arbeitsteilig betriebenen Systemen besonders qualifiziert worden.

Wenn in einem Betrieb Schulungsmaßnahmen für eine bestimmte Funktionsgruppe durchgeführt worden sind, bedeutet dies nicht notwendigerweise, daß alle Arbeitskräfte, die dieser Gruppe zugehören, in die Schulungsmaßnahmen einbezogen waren. In dieser Hinsicht sind sehr verschiedene Vorgehensweisen möglich: Sie reichen vom einen Extrem, in dem nur einzelne Arbeitskräfte in der Startphase des Systemeinsatzes geschult werden und dann später ihre Kenntnisse anderen Kollegen (z.B. bei Ausweitung des Schichteinsatzes) weiterzugeben haben, bis zum anderen Extrem der Schulung der kompletten Systemmannschaft, ggfs. einschließlich einiger Arbeitskräfte, die nicht aktuell, aber eventuell später für den Systemeinsatz in Frage kommen.

Wichtiger Indikator für den Aufwand der Qualifizierung ist die Zahl der Mann-Tage, die für Schulungsmaßnahmen aufgewendet worden sind. Diese Zahl ist natürlich abhängig von der Größe der Systeme und den variierenden Einsatzerfordernissen und Einsatzbedingungen. Um Vergleiche zu ermöglichen, weist Tabelle 7 die durchschnittliche Zahl von Schulungstagen bezogen auf die Zahl der in die Systeme integrierten Werkzeugmaschinen auf.

Im Durchschnitt über alle Systeme und alle Arbeitskräftegruppen hinweg wurden pro integrierter Werkzeugmaschine 15,7 Schulungstage aufgewendet. Dieser durchschnittliche Schulungsaufwand ist bei den Systemen mit stark arbeitsteiliger Organisation nur geringfügig niedriger als bei denjenigen mit schwacher Arbeitsteilung (15,6 bzw. 15,8 Schulungstage). Im einzelnen ergeben sich jedoch sowohl nach der Systemgröße als auch nach der Art der durch die flexiblen Produktionsanlagen ersetzten Fertigung erhebliche Unterschiede im Schulungsaufwand:

- Bei jenen wenigen Systemen, die eine Transferstraße ersetzt haben, liegt die Schulungsdauer pro Werkzeugmaschine mehr als doppelt so hoch wie im Gesamtdurchschnitt; bei stark arbeitsteilig eingesetzten Systemen fielen 38, bei schwach arbeitsteiligen 27 Schulungstage pro Werkzeugmaschine an.
- Entsprechend geringer fiel der durchschnittliche Schulungsaufwand bei der viel größeren Zahl flexibler Fertigungszellen oder -systeme aus, die unverkettete konventionelle oder NC/CNC-Maschinen ersetzt haben: Bei stark arbeitsteiligem Einsatz fielen durchschnittlich 12, bei schwach arbeitsteiligem Einsatz 14 Schulungstage pro Werkzeugmaschine an.

**Tabelle 7: Umfang der Schulungsmaßnahmen in Abhängigkeit von der ersetzten Fertigung, der Systemgröße und der Arbeitsteiligkeit des Systemsinsatzes**  
(Durchschnittswerte für alle erfaßten flexiblen Fertigungszellen bzw. -systeme)

Ersetzte Fertigung	Unverkettete konventionelle oder NC/CNC-Werkzeugmaschinen (= WZM)										Transferstraßen		Insgesamt	
	1		2		3 - 5		6 und mehr		alle		2 und mehr		alle FFZ/FFS	
Systemgröße Zahl der WZM pro FFS)	stark	schwach	stark	schwach	stark	schwach	stark	schwach	stark	schwach	stark	schwach	stark	schwach
Arbeitsteiligkeit														ges.
Zahl der Systeme	17	17	13	6	7	6	5	4	42	33	4	3	46	82
Zahl der WZM insg.	17	17	26	12	26	24	82	33	151	86	24	14	175	275
Schulungstage pro WZM	16,7	14,1	8,2	10,8	13,1	14,8	12,1	14,5	12,1	14,0	37,8	26,9	15,6	15,7
Schulungstage pro FFZ bzw. FFS	16,7	14,1	16,4	21,7	48,6	59,0	198,6	120,0	43,6	36,5	227,0	125,3	59,5	52,7
Zahl geschulter Arbeitskräfte pro WZM	2,3	2,5	0,7	1,0	1,2	1,4	1,2	1,6	1,2	1,6	1,3	1,2	1,2	1,4
Schulungstage pro geschulter Arbeitskraft	7,3	5,6	11,2	10,8	11,0	10,7	10,2	9,1	9,8	8,5	30,2	22,1	12,7	11,5



- Der geringste Schulungsaufwand bei den Systemen, die als Ersatz für Einzelmaschinen eingeführt worden sind, ergibt sich für die Zweimaschinensysteme (durchschnittlich 9 Schulungstage), der höchste bei den flexiblen Fertigungszellen (durchschnittlich 15 Schulungstage).
- Außer bei den flexiblen Fertigungszellen liegt der Schulungsaufwand pro Werkzeugmaschine bei den Systemen mit schwacher Arbeitsteilung immer etwas höher als bei jenen mit ausgeprägter Arbeitsteilung. Die Unterschiede liegen jedoch nur bei ein bis zwei Tagen, also im Bereich von gut 10 %.

Der gesamte Schulungsaufwand in Tagen ergibt sich als Produkt aus der Zahl der in die Schulung einbezogenen Arbeitskräfte und der Schulungsdauer pro Arbeitskraft. Im Gesamtdurchschnitt wurden pro Werkzeugmaschine knapp eineinhalb Arbeitskräfte elfeinhalb Tage qualifiziert. Nahezu durchgängig zeigt sich bei allen Systemgrößen, daß bei stark arbeitsteiligem Systemein-satz weniger Arbeitskräfte als bei schwacher Arbeitsteilung in die Schulung einbezogen waren, daß jedoch die Schulungsdauer pro Arbeitskraft bei starker Arbeitsteilung höher liegt als bei schwacher. Im Gesamtdurchschnitt wurden bei schwacher Arbeitsteilung 1,6 Arbeitskräfte 10 Tage lang, bei starker Arbeitsteilung 1,2 Arbeitskräfte knapp 13 Tage lang qualifiziert. Mit mehr als zwei einbezogenen Arbeitskräften pro Werkzeugmaschine ist der Adressatenkreis der Schulung bei flexiblen Fertigungszellen besonders groß, dafür liegt die Schulungsdauer pro Mann dort besonders niedrig. Eine besonders lange Schulungszeit pro Arbeitskraft gilt (mit 30 Tagen bei schwacher, 33 Tage bei starker Arbeitsteilung) für jene Systeme, die als Ersatz für Transferstraßen eingeführt worden sind.

Selbstverständlich gibt es erhebliche Unterschiede im Schulungsaufwand auch zwischen den verschiedenen Arbeitskräfte- bzw. Funktionsgruppen, die in unterschiedlich starkem Maße mit dem Systemeinsatz zu tun haben. Solche Unterschiede im Umfang und Adressatenkreis der Qualifizierungsprozesse spiegeln die Strukturen des Arbeitskräfteeinsatzes, die nach Systemgröße und Arbeitsorganisation erheblich variieren (vgl. Abschnitt 4).

Tabelle 8 läßt einige dieser Zusammenhänge erkennen.

Tabelle 8: Umfang der Schulungsmaßnahmen für verschiedene betriebliche Funktionsgruppen

(Durchschnittswerte für alle erfaßten flexiblen Fertigungszellen bzw. -systeme)

	Arbeits- teilig- keit	Maschinen-/ System- bediener	Einrichter/ sonstiges Werkstatt- personal	Program- mierer	Meister/ Vorarbei- ter/Leit- stand	Instand- haltung	Insgesamt
Schulungstage pro Werkzeug- maschine	stark	5,1	3,3	1,6	4,0	1,4	15,6
	schwach	13,7	-	0,7	0,8	0,5	15,8
Schulungstage pro FFZ bzw. FFS	stark	19,2	12,7	6,2	15,1	5,5	59,5
	schwach	38,2	-	2,1	2,3	1,4	43,9
geschulte Ar- beitskräfte pro FFZ bzw. FFS	stark	2,2	1,0	0,5	0,5	0,5	4,7
	schwach	3,6	-	0,3	0,2	0,3	4,3
Schulungstage pro Arbeits- kraft	stark	8,6	12,9	13,6	31,5	11,0	12,7
	schwach	10,7	-	7,4	13,7	4,5	10,0

Bei Systemen mit geringer Arbeitsteilung ist die Qualifizierung vor allem auf die Systembediener ausgerichtet. Im Durchschnitt werden pro System mehr als drei Arbeitskräfte jeweils knapp 11 Tage lange geschult. Auch bei ausgeprägter Arbeitsteilung ist das Bedienungspersonal im engeren Sinne (nämlich Maschinenbediener, Einrichter, in seltenen Fällen auch Pallettierer und Werkzeugvoreinsteller) insgesamt die größte Adressatengruppe für Schulungsmaßnahmen; die Zahl der durchschnittlich pro System einbezogenen Arbeitskräfte ist jedoch geringer als bei schwacher Arbeitsteilung. Komplementär dazu sind bei ausgeprägter Arbeitsteilung mehr Arbeitskräfte der übrigen Funktionsgruppen (wie Meister, Vorarbeiter, Leitstand- und Instandhaltungspersonal) in die Qualifizierung einbezogen.

Bei schwacher Arbeitsteilung ist die Schulungsdauer pro Arbeitskraft beim Bedienpersonal höher als bei starker Arbeitsteilung, bei den meisten anderen Arbeitskräftegruppen zeigt sich dagegen ein umgekehrtes Verhältnis. Mit über 50 Schulungstagen pro Mann wird der höchste Aufwand beim Leitstandspersonal in stark arbeitsteiligen Systemen betrieben, allerdings nur in vergleichsweise wenigen Fällen.



Die ausgewiesenen Durchschnittswerte für die Gesamtheit der erfaßten Fälle verdecken notwendigerweise einen Teil der Variationen in der qualifikationspolitischen Vorgehensweise der Betriebe bei der Einführung der flexiblen Fertigungstechnik. Dennoch bleibt der enge Zusammenhang zwischen der Wahl bestimmter arbeitsorganisatorischer Optionen und der Ausrichtung der Qualifizierungsprozesse erkennbar.

#### 4.2 Qualifikationsbedarf und Qualifizierungspolitik

Qualifikations- und arbeitspolitisch ist von besonderem Interesse, daß die in der neueren Diskussion um die Zukunft der Fabrik vielfach geforderte Realisierung von weniger arbeitsteiligen Strukturen in der Werkstattarbeit (vgl. z.B. Brödner 1985) offensichtlich nicht generell durch einen erhöhten Qualifizierungsaufwand der Betriebe erkaufte werden muß. Pro neu installiertem flexiblem System ist die Zahl der aufgewendeten Schulungstage sogar bei arbeitsteiligem Systemeinsatz deutlich höher als bei nur schwach ausgeprägter Arbeitsteilung (60 zu 44 Schulungstage). Wird die Zahl der eingesetzten Werkzeugmaschinen berücksichtigt, so liegt die Schulungsdauer - wie bereits gesagt - bei geringer Arbeitsteilung nur wenig über derjenigen bei stark arbeitsteiliger Organisation. Unter anderem können solche Unterschiede natürlich auch mit unterschiedlichen Ausgangsqualifikationen des verfügbaren Personals zu tun haben und damit zusammenhängen, ob mit der Einführung der flexiblen Fertigungstechnik gleichzeitig ein Wandel in den betriebsüblichen Formen des Arbeitskräfteeinsatzes stattgefunden hat oder nicht.

Lediglich zu vermuten - und anhand der folgenden Fallstudien zu überprüfen - ist, daß in vielen Fällen nicht unbedingt das Personal aus der entsprechenden konventionellen, ggfs. ersetzten Fertigung übernommen worden ist, sondern, daß ein breiterer Selektionsprozeß im Sinne einer "Besten-Auswahl" stattgefunden hat. Eine solche Politik wird gerade bei der Ersteinführung neuer Fertigungstechniken häufig betrieben, da sie den umstellungsbezogenen Qualifizierungsaufwand mindert; sie kann jedoch bei einem breiteren Einsatz neuer Fertigungstechnik bald an die Grenze nicht ausreichender Verfügbarkeit umsetzungs- und qualifizierungswilliger und -fähiger Arbeitskräfte stoßen. Deshalb kommt im Hinblick auf die weitere Verbreitung rechnergestützter flexibler Fertigungstechnik der Frage der Verfügbarkeit einschlägiger Qualifikationen erhebliche Bedeutung zu.

Die zu Arbeitsplatzprofilen zusammengefaßten Informationen über die Aufgaben- bzw. Funktionsbereiche verschiedener eingesetzter Arbeitskräftegruppen, (vgl. Abschnitt 4) scheinen im wesentlichen kompatibel mit den Ausbildungsinhalten, wie sie in der Bundesrepublik Deutschland Ende 1984 im Rahmen der Neuordnung der industriellen Metallberufe verabschiedet worden sind. Sowohl der Ausbildungsberuf des Industriemechanikers (Fachrichtung Produktionstechnik), als auch die Zerspanungsmechaniker für Dreh-, Fräs- oder Schleiftechnik dürften für die Abdeckung des durch den Einsatz flexibler Fertigungsanlagen veränderten Qualifikationsbedarfs in Frage kommen (vgl. Buschhaus, Gärtner u.a. 1984; Preiss 1985).

Da jedoch die administrative Umsetzung der verabschiedeten neuen Berufsbilder noch nicht abgeschlossen ist und danach die Ausbildung der ersten Jahrgänge von Jugendlichen nach den neuen Ausbildungsordnungen einen Zeitraum von 3,5 Jahren beansprucht, werden den Betrieben solchermaßen qualifizierte Jung-Facharbeiter erst Ende der 80er / Anfang der 90er Jahre zur Verfügung stehen.

Allerdings ist damit zu rechnen, daß bereits jetzt in gewissem Umfang eine Anpassung der Jugendlichen-Ausbildung an die erkennbaren neuen Erfordernisse aufgrund verstärkten Einsatzes computergestützter Fertigungstechnik stattfindet. Dies ist durchaus auch im Rahmen der traditionellen Ausbildungsordnungen bis zu einem gewissen Grad möglich und wurde bereits in der Vergangenheit von einzelnen Unternehmen und Ausbildungsträgern mehr oder weniger breit praktiziert. Es ist zu fragen, inwieweit solche Vorgriffe auf die künftigen Ausbildungsordnungen im Zusammenhang mit der Einführung neuer fertigungstechnischer Anlagen verstärkt in die laufende Ausbildung von Jugendlichen aufgenommen werden.

Aus vielfältigen Gründen, zu denen nicht zuletzt die rasche technische Entwicklung zählt, wird aller Voraussicht nach die Erwachsenen-Qualifizierung im Zusammenhang mit technischen Innovationen eine zunehmende Rolle spielen. Dabei geht es keineswegs nur darum, die Engpässe zu überwinden, die bis zur Verfügbarkeit von Absolventen aus modernisierten Ausbildungsgängen entstehen. Vielmehr kann über Erwachsenenqualifizierung auch und gerade ein wichtiger Beitrag dazu geleistet werden, die vorhandenen betrieblichen Belegschaften nicht von neueren technischen Entwicklungen abzukoppeln, wodurch sie der Gefahr ausgesetzt wären, über kurz oder lang aus ihren ange-

stammten Tätigkeitsbereichen verdrängt zu werden und damit stark erhöhten Beschäftigungs- und Arbeitsmarktrisiken ausgesetzt zu sein.

Qualifikationspolitisch ist von erheblicher Bedeutung, mit welchen Inhalten, in welcher Form und mit welchen Zielsetzungen solche Prozesse der Erwachsenenqualifizierung durchgeführt werden. Generell ist dieser Bereich wesentlich weniger als etwa die Jugendlichereausbildung nach dem dualen System nach öffentlichen Normen geregelt und in einer Weise standardisiert, die beispielsweise die überbetriebliche Transferierbarkeit erworbener Qualifikationen absichert. Im Prinzip besteht immer die Gefahr einer zu engen, z.B. anlagenspezifischen Ausrichtung der Qualifizierung, die die längerfristige Verwertbarkeit der erworbenen Qualifikationen für den Arbeitnehmer wie für den Betrieb problematisch macht.

In diesem Kontext ist von besonderem Interesse, welche Rolle Schulungsmaßnahmen von Herstellern moderner computergestützter Fertigungstechnik in diesen Fällen spielen. Gerade im Zusammenhang mit der Einführung technischer Innovationen haben sog. Kundens Schulungen durch die Hersteller in den letzten Jahren erhebliche Bedeutung erlangt.

Eine mehr oder weniger systematische Einweisung und Einarbeitung von Kundenpersonal ist bei komplexeren Maschinen und Anlagen bereits seit langer Zeit üblich. Inzwischen bieten aber z.B. bestimmte Maschinenbaubetriebe neben ihrem eigentlichen Produkt auch sog. "Teach-Ware" an, d.h. eine systematische, oft auch gesondert zu honorierende Schulung des Kundenpersonals.

Entsprechend dem Export der Maschinen und Aggregate sind solche Qualifizierungspakete nicht auf den nationalen Rahmen beschränkt. Gerade für ein Projekt internationaler Perspektive wäre es von Interesse zu prüfen, inwieweit durch solche Formen der Erwachsenenqualifizierung quasi unterhalb der jeweiligen nationalen Berufsbildungssysteme im Kontext der Einführung neuer Technik auch gewisse Standardisierungen im Qualifikationsbereich sich durchzusetzen beginnen.

## 5. Zusammenfassung

Zusammenfassend lassen sich die wichtigsten Ergebnisse der schriftlichen Umfrage bei Anwendern flexibler Fertigungssysteme und flexibler Fertigungszellen folgendermaßen umreißen:

- FFS/FFZ werden hauptsächlich in der Maschinenbaubranche bei größeren Firmen (mehr als 500 Beschäftigte) eingesetzt.
- Der Einsatz ist in den letzten Jahren sprunghaft angestiegen, seit 1983 wurde eine Verdoppelung des Standes erreicht.
- Flexible Fertigungszellen und Klein-FFS (bis max. 5 Maschinen) zeigen die stärkste Wachstumsrate, Groß-FFS stagnieren oder zeigen sogar abnehmende Tendenz.
- FFS/FFZ werden hauptsächlich (85 %) zur Steigerung der Produktivität durch Erhöhung des Automatisierungsgrades eingesetzt, nur 11 % der Installationen dienen einer Erhöhung der Flexibilität der Fertigung.
- Bearbeitungszentren sind mit 56 % aller integrierten WZM die bedeutendste Maschinenart, bei größeren Systemen nimmt auch die Bedeutung von Dreh- und Sondermaschinen zu.
- Die Wahl der Verkettungseinrichtungen von FFS/FFZ ist stark abhängig von der Systemgröße und den integrierten WZM-Arten, durchschnittliche Trends lassen sich deshalb nicht angeben.
- Knapp über die Hälfte der eingesetzten Systeme arbeitet ohne übergeordneten, zentralen Rechner. In Zukunft ist aber ein steigender Einsatz von zentralen Rechnern zu erwarten.
- Nahezu alle FFS/FFZ werden mindestens zweischichtig genutzt, ca. die Hälfte aller Installationen sogar dreischichtig.
- Der Automatisierungsgrad von FFS/FFZ wird zur erheblichen Personalreduktion in der zweiten und dritten Schicht im Vergleich zur ersten oder Normalschicht genutzt.
- Die Wahl der Arbeitsorganisation, insbesondere der Grad der Arbeitsteiligkeit am System, wird weniger von fertigungstechnischen Sachzwängen als von traditionellen Strukturen in den Unternehmen beeinflusst wie das Verhältnis von ca. 50 % schwach arbeitsteiligem zu 50 % stark arbeitsteiligem Einsatz zeigt.
- Die Wahl der Arbeitsorganisation beeinflusst auch Dauer und Zielgruppe der bei Systemeinführung durchgeführten Schulungsmaßnahmen. Die Art der Arbeitsorganisation scheint jedoch keinen durchschlagenden Einfluß auf die Gesamtdauer der Qualifizierungsmaßnahmen zu haben.

Diese im Rahmen der schriftlichen Befragung gewonnenen Ergebnisse wurden im weiteren Verlauf der Projektarbeit vertieft und ausgeweitet und mit der Situation im europäischen Ausland verglichen. Letzteres ist Gegenstand gesonderter Veröffentlichungen und Berichte. Über die Vertiefung der vorstehend dargestellten Ergebnisse in Form von Fallstudien wird im folgenden berichtet.

## II. Beschreibung und Analyse ausgewählter Beispiele des Einsatzes von flexiblen Fertigungssystemen

### 1. Einführung in Auswahl und Darstellung der Fallstudien

In einer schriftlichen Befragung können naturgemäß nur allgemeinere Merkmale des Einsatzes von flexiblen Fertigungssystemen erhoben werden. Die genaue technisch-organisatorische Gestaltung dieses Einsatzes wie auch die betrieblichen Rahmenbedingungen sind jedoch, dies hat die Befragung gezeigt, außerordentlich differenziert. Insbesondere wenn es darum geht, Entscheidungsprozesse hinsichtlich der wichtigsten Grundlagen sowie Einführungsprozesse im Hinblick auf ihre Ausgestaltung, gesammelte Erfahrungen und daraus abgeleitete Konsequenzen zu analysieren, müssen also andere Erhebungsverfahren hinzutreten.

Aus diesem Grunde wurden für fünf ausgewählte Beispiele auf der Grundlage der Befragungsergebnisse Fallstudien durchgeführt, die u.a. mehrstündige Leitfaden-gestützte Expertengespräche sowie Besichtigungen der zu beschreibenden flexiblen Fertigungssysteme in den Betrieben einschlossen. Bei der Auswahl der Fallbeispiele wurde besonders darauf geachtet, daß die Spannweite arbeitsorganisatorischer Konzepte vertreten war. Ebenso sollten unterschiedliche technische Lösungen, insbesondere hinsichtlich des Informationssystems und der Verkettungseinrichtungen, betrachtet werden. Um einerseits die Vergleichbarkeit zu gewährleisten, andererseits auch, um die ganze Spannbreite technisch-organisatorischer Lösungen abzudecken, handelt es sich in allen fünf Fällen um Fertigungssysteme mit mehreren Maschinen.

Die Darstellung der Fallstudien erfolgt nach einem einheitlichen Muster, das ähnlich der Darstellung der Umfrageergebnisse an den zentralen Fragestellungen der Untersuchung orientiert ist. Zunächst erfolgt eine genauere Beschreibung der technischen Auslegung der Systeme und ihrer Einsatzbereiche, wie sie sich aus den ebenfalls ausführlich dargestellten Planungs- und Einführungsprozessen ergeben haben. Dabei werden sowohl Anlaß und Gründe der Entscheidung für ein FFS wie auch die gesammelten Erfahrungen und deren Konsequenzen, insbesondere für weitere FFS-Planungen, aufgezeigt.

Einen zweiten Schwerpunkt bildet die Beschreibung der gewählten Form der Arbeitsorganisation, d.h. der personellen Besetzung, der Arbeitsteilung innerhalb der Systeme, der Verteilung von Aufgaben zwischen den FFS-Mannschaften und vor- bzw. nachgelagerten Bereichen sowie der zeitlichen Nutzung der Anlagen (Schichtsystem).

Schließlich werden die betrieblichen Strategien der Auswahl des Personals und die Maßnahmen zur Qualifizierung dieses Personals für die Arbeit an FFS beschrieben.

In den einzelnen Fallstudien galt es darüber hinaus, die jeweiligen relevanten betrieblichen Rahmenbedingungen zu reflektieren. Zuletzt wird dann versucht, die Ergebnisse dieses Teils II der Untersuchung zusammenzufassen und Tendenzen der beobachteten betrieblichen Strategien beim Einsatz von flexiblen Fertigungssystemen herauszuarbeiten.



## 2. Darstellung der fünf Fallstudien

### 2.1 Fall A

#### a) Systemkonfiguration vor dem Hintergrund betrieblicher Rahmenbedingungen

Im Fall A handelt es sich um ein FFS für prismatische Gehäuseteile, das in der Serienfertigung eines Großunternehmens der Antriebs- und Landtechnik sowie des Industrieanlagenbaus eingesetzt ist. Das Unternehmen hat ca. 20.000 Beschäftigte, wovon ca. 13.000 im Stammwerk, in dem das FFS installiert ist, arbeiten.

Das FFS besteht aus drei Bearbeitungszentren und einer Waschmaschine, die über ein schienengebundenes Fahrzeug verkettet sind. Das FFS verfügt über einen Leitreechner, der die Funktionsbereiche DNC-Betrieb, Transportsteuerung, Auftragsreihenfolgeplanung, Werkzeugverwaltung und Betriebsdatenerfassung übernimmt. Das FFS ergänzt eine Transferfertigung.

#### **Einführungsprozeß**

Für die Entscheidung zur Einführung des FFS waren zwei Gründe maßgebend: Zum einen bestand ein aktueller Kapazitätserweiterungsbedarf für einen bestimmten Motorgehäusotyp, der auf einer Transferstraße gefertigt wird. Da dieser erhöhte Bedarf aber nur temporär und nicht konstant prognostiziert war, kam die Anschaffung einer zweiten identischen Transferstraße nicht in Frage. Eine Erweiterung der bestehenden Transferstraße durch Umbau hätte zuviele Störungen der laufenden Produktion, die man sich gerade in einer Zeit des Spitzenbedarfs nicht leisten konnte und wollte, mit sich gebracht. Ein FFS bot dagegen die Möglichkeit, nach Rückgang der aktuellen Kapazitätsspitze andere Werkstücke ohne großen Umrüstaufwand zu fertigen. Dafür wurde in Kauf genommen, daß die Stückzeiten auf dem FFS höher sind als auf der Transferstraße.

Der zweite Grund für die FFS-Einführung war die Möglichkeit, mit dem Projekt Know-how auf dem Gebiet dieser neuen Technik zu erwerben. Dieser "Pilotcharakter" des Projektes hat insbesondere einige Aspekte der technischen Auslegung (Zentralisierungsgrad des Informationssystems) beeinflusst, die bei einer "harten" wirtschaftlichen Betrachtung sicher etwas anders gelöst worden wären.



Personalkostenreduzierung spielte bei der Entscheidung für das FFS keine Rolle, es wird sogar mehr Personal als für eine Transferstraße benötigt. Auch Humanisierungsgesichtspunkte hatten nur untergeordnete Bedeutung.

Der Anstoß zur Einführung eines FFS ging von der Fertigungs- und Maschinenplanung aus, die sich gegenüber betriebswirtschaftlichen Bedenken durchzusetzen hatten. Für die Planung des Projektes wurde ein Projektteam gebildet, welches sich aus dem Leiter der Fertigungsplanung (Projektleiter), Vertretern der Arbeitsvorbereitung, der Fertigungssteuerung und der Fertigung sowie Vertretern der Maschinen- und Steuerungshersteller zusammensetzte. Außerdem war ab einem sehr frühen Zeitpunkt bereits der heutige Anlagenführer (Betriebsingenieur) dabei.

Auf eine "interdisziplinäre" Zusammensetzung des Projektteams, z.B. mit Vertretern der Betriebswirtschaft und Arbeitnehmervertretern, wurde verzichtet. Der Betriebsrat wurde zu Planungsbeginn entsprechend dem Betriebsverfassungsgesetz informiert. Die betroffenen Mitarbeiter wurden informiert, nachdem die Entscheidung für ein FFS gefallen und die Herstellerauswahl erfolgt war. Zu diesem Zeitpunkt begannen dann auch bereits Schulungsmaßnahmen, die später noch näher erläutert werden.

Die Arbeitsschwerpunkte des Projektteams waren zum einen technische Fragen wie

- Entwicklung der Steuerungssoftware für das Informationssystem,
- Werkzeugplanung,
- Standortplanung (Hauptproblem war hierbei die räumliche Enge in den bestehenden Fertigungshallen),
- Planung der Kühlmittelanlage und
- Planung des Rechnerstandortes.

Zum anderen mußte zur Durchsetzung der Entscheidung für das FFS ein Wirtschaftlichkeitsnachweis erbracht werden.

Da der Stückkostenvergleich mit der Alternative Transferfertigung zuungunsten des FFS ausgefallen wäre, hat man diese Rechnung nicht angewendet. Stattdessen wurde mit einer Fertigung der Werkstücke auf konventionellen Werkzeugmaschinen verglichen und der beim Übergang auf CNC-Technik erzielbare Produktivitätsgewinn dem FFS zugeschlagen. Außerdem wurde für die Vergleichsrechnung 3-Schicht-Betrieb zugrundegelegt, der aber in der Praxis

wegen zu häufiger Störungen nicht erreicht werden konnte. Die Alternative, unverkettete CNC-Maschinen einzusetzen, wurde nicht betrachtet, da man wegen des Pilotcharakters des Projekts Erfahrungen mit der Verkettung und Automatisierung der Steuerung sammeln wollte. Da man sich der "Haken und Ösen" dieser Form der Wirtschaftlichkeitsrechnung durchaus bewußt war, eine der Komplexität solcher Systeme angemessene Methode der Investitionsrechnung aber nicht existiert, bildet die Wirtschaftlichkeitsrechnung auch nicht den wesentlichen Teil der Entscheidungsgrundlage.

Die Planung der technischen Auslegung des Systems (Maschinenauswahl und Verkettung) bot dagegen kaum Schwierigkeiten. Aufwendig war die Planung des Informationssystems, und hier insbesondere die Entwicklung der Steuerungssoftware. Dieser Punkt bildete dann auch das Hauptproblem des Planungsprozesses.

#### Erfahrungen mit dem FFS und weitere Planungen

Obwohl man im Großen und Ganzen, insbesondere unter Berücksichtigung des Pilotcharakters/Know-how-Erwerbs, mit dem FFS-Einsatz zufrieden war, zeigten sich doch eine ganze Reihe von Problemen.

Die erreichte Verfügbarkeit entsprach nicht ganz den anfänglichen Erwartungen von 80 %. Das hatte vor allem mit der Steuerungssoftware zu tun. Z.B. hat sich die Strategie der Fertigteilpriorität beim Transport als ungünstig erwiesen, da die Waschmaschinen unerwartet einen Engpaß darstellten. Änderungen in der Software verlangen aber immer Herstellerunterstützung und ziehen oft unerwartete Folgen in anderen Bereichen nach sich.

Ein weiteres Problem ergab sich bei dem Kühlmittelkreislauf. Dieser verlief nicht kontinuierlich (durch Maschinenstillstand), so daß sich das Kühlmittel infolge des erhöhten Drucks zu stark aufheizte und ein Kühlaggregat installiert werden mußte, was wiederum Platzprobleme hervorrief. Unter anderem infolge dieser Schwierigkeiten verlängerte sich dann die Planungs- und Einführungszeit von sechs bis neun Monaten auf über zwei Jahre.

Zu den positiven Erfahrungen sind die Entwicklungen beim Produktspektrum zu rechnen. Zwar dominiert immer noch die Abdeckung von Spitzenbedarf, z.B.

bei Getriebegehäusen mit Stückzahlen bis zu 600 pro Jahr, doch neuerdings werden immer häufiger Vorserien und Prototypen hereingenommen. Damit konnten zum Teil erhebliche Verkürzungen von Entwicklungszeiten für neue Produkte erreicht werden.

In dem Unternehmen dieses Beispielfalles sind zwei weitere FFS geplant, in die die Erfahrungen der Erstinstallation eingehen sollen. So plant man beispielsweise von der Installation eines Leitrechners abzusehen und damit das Informationssystem weniger komplex zu gestalten. Die Werkzeugversorgung soll ins System verlagert werden.

#### b) Arbeitsorganisation am FFS

Die Wahl der Arbeitsorganisation am FFS hat in diesem Unternehmen einen interessanten Verlauf genommen.

In der Planungsphase wurde aufgrund von Gesprächen in anderen FFS/FFZ-Anwenderfirmen sowie in Anlehnung an die bisherige Arbeitsorganisation eine relativ arbeitsteilige Struktur festgelegt. Es wurden die Arbeitsplätze des Anlagenführers, des Anlagenbedieners, des Maschinenbedieners, des Rüstarbeiters und des Werkzeugvoreinstellers eingerichtet, denen jeweils spezifische Aufgaben zugeordnet waren (vgl. Abb. 9).

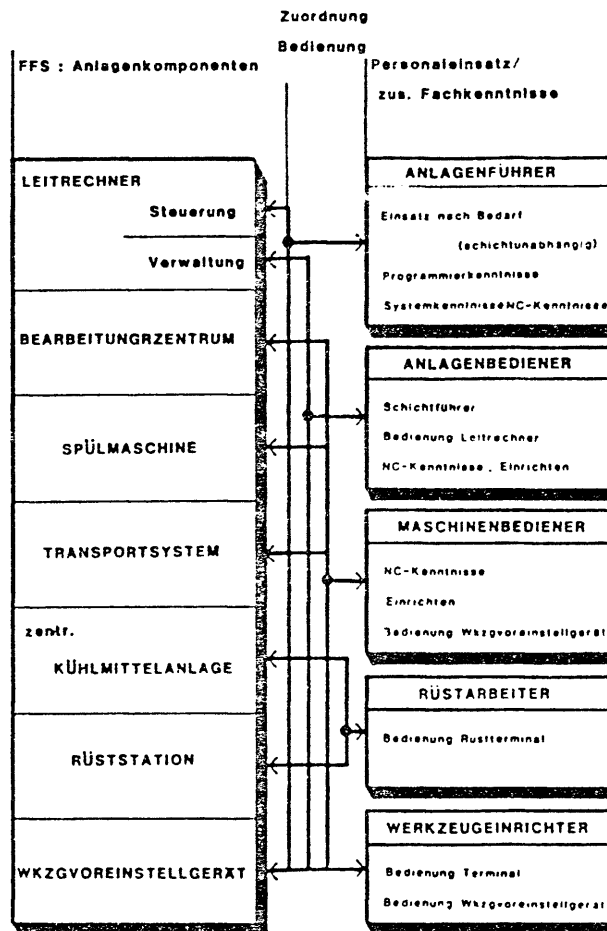
In der Einführungsphase zeigte sich jedoch eine hohe Störanfälligkeit und damit mangelnde Verfügbarkeit des Systems, die bis heute noch nicht ganz behoben ist.

Man versuchte deshalb, die Verfügbarkeit des Systems durch verschiedene Maßnahmen, u.a. auch eine weniger arbeitsteilige Arbeitsorganisation, zu erhöhen. Dazu sollten qualifizierte Arbeitskräfte, die einen besseren Überblick über das Gesamtsystem haben, eingesetzt werden. Man hat deshalb die Arbeitsplätze des Anlagenbedieners, des Maschinenbedieners und des Rüstarbeiters zusammengefaßt, so daß alle Bediener alle direkt am System anfallenden Arbeiten erledigen können. Dies sind hauptsächlich die Funktionen:

- Programme testen und korrigieren,
- Verantwortung für einwandfreie Funktion des Systems zusammen mit dem Anlagenführer,

Abbildung 9: Geplanter Personaleinsatz im flexiblen Fertigungssystem

VDI-Berichte Nr. 516, 1984



- Werkzeugmagazine bestücken,
- Werkstücke auf- und abspannen,
- Vorrichtungen rüsten/ausrüsten,
- Bearbeitung überwachen,
- kleinere Störungen beheben sowie
- Kontrolle der Werkstücke während und nach der Bearbeitung.

Die Arbeitsplätze des Anlagenführers und des Werkzeugvoreinstellers wurden beibehalten.

Die bisherigen Erfahrungen mit dieser Form der Arbeitsorganisation sind positiv. Allerdings ist man der Meinung, daß die Arbeitsorganisation nicht starr sein, sondern immer wieder an aktuelle Gegebenheiten und Anforderungen angepaßt werden sollte.

Das System wird zur Zeit in 2 1/2 Schichten gefahren, d.h. die Spätschicht beginnt erst zwei Stunden nach Ende der Frühschicht. Während dieser zwei Stunden wird das System unbemannt betrieben. Ebenso zwei Stunden nach Ende der Spätschicht. Man strebt langfristig einen 3-Schicht-Betrieb an, der aber zur Zeit wegen der zu hohen Störanfälligkeit des Systems nicht realisiert werden kann. Auch werden dann wahrscheinlich Probleme der Personalverfügbarkeit auftreten, besonders hinsichtlich der Instandhaltung. Eine mögliche Lösung wäre dann, hochqualifizierte Mitarbeiter zu günstigen Arbeitszeiten einzusetzen, während ungünstige Arbeitszeiten mit weniger qualifiziertem Personal besetzt werden, d.h. man würde wieder eine größere Arbeitsteiligkeit einführen.

Zur Zeit sieht die Schichtbesetzung wie folgt aus:

Der Anlagenführer arbeitet in Normalschicht, d.h. er ist bei Beginn der Spätschicht nur noch kurz verfügbar, ansonsten hat er für dringende Fälle Rufbereitschaft. Pro Schicht werden zwei Bediener und ein Werkzeugvoreinsteller, der nicht nur für das FFS, sondern auch für andere CNC-Maschinen in der Halle arbeitet, eingesetzt. Die Instandhaltung ist ebenfalls zweischichtig besetzt.

Die Mitarbeiter am FFS werden zur Zeit noch im Penumlohn bezahlt, man meint aber, daß dies für systembezogene Arbeit keine geeignete Entlohnungsform ist und sucht nach neuen Formen. Gedacht ist z.B. an einen Prämienlohn mit Anlagennutzungs-/Mengenprämie. Da Änderungen in der Entlohnung aber sehr schwierig zu realisieren sind (Mitbestimmungsdomäne des Betriebsrats, Umstellung der Lohnabrechnung etc.) wird dieses Vorhaben noch einige Zeit in Anspruch nehmen. Der Anlagenführer am FFS ist eine Lohngruppe höher als die Bediener eingestuft, die in etwa gleich wie Bediener an unverketteten Werkzeugmaschinen (Lohngruppe 7-8 des NRW-Tarifs) eingestuft sind. Allerdings wird innerhalb der Lohngruppen noch einmal nach internen Arbeitswerten gestuft. Nach dieser Berechnungsgrundlage verdienen die FFS-Bediener eine Arbeitswert-Stufe mehr, da sie höhere Verantwortung tragen.

### c) Personalauswahl und Qualifizierung

Für den Einsatz am FFS wurden "gute" Mitarbeiter, die bereits an NC/CNC-Maschinen gearbeitet hatten, ausgewählt. Die Initiative ging dabei vom Betriebsleiter/Meister aus, der die Mitarbeiter ansprach. Von der Formalqua-

lifikation sind die Bediener Facharbeiter, der Anlagenführer ist Industriemeister.

Da die Bediener bereits vorher im 2-Schicht-Betrieb gearbeitet hatten, bedeutete die Umsetzung ans FFS keine ungünstigere Arbeitszeit. Da außerdem eine Arbeitswert-Stufe mehr gezahlt wird, war ein Anreiz vorhanden. Vor dem Einsatz am FFS gab es spezielle Schulungsmaßnahmen: Der Anlagenführer, der bereits dem Projektteam angehörte, wurde ca. vier Monate bei Herstellern von Maschinen und Steuerungen geschult. Der inhaltliche Schwerpunkt lag dabei beim Umgang mit dem Leitrechner und dem Programm zur Fertigungsfeinsteuerung. Die Bediener wurden ebenfalls bei den Herstellern von Maschinen und Steuerungen geschult. Der Schwerpunkt lag hierbei auf der Vermittlung von spezifischen Maschinen- und Steuerungskenntnissen. Die Schulungsdauer betrug hier nur ca. zwei Wochen. Das Instandhaltungspersonal wurde beim Maschinenhersteller geschult, es gibt allerdings keine speziell nur für das FFS zuständigen Instandhalter.

Die externen Schulungen erfolgten zu ca. 60 % während der Arbeitszeit und zu ca. 40 % außerhalb der Arbeitszeit (Abendkurse). Zur Zeit gibt es nur einen Anlagenführer für das FFS. Diese Position stellt somit den Engpaß dar. Der/die künftige/n Anlagenführer soll/en aus den heutigen Bedienern rekrutiert werden, Kandidaten für diesen Posten sind allerdings "dünn gesät". Wahrscheinlich schrecken auch 40 % Schulung außerhalb der Arbeitszeit davon ab.

Neben den externen Schulungen hatte das "learning by doing" einen sehr hohen Stellenwert. Es fielen noch ca. drei bis sechs Monate Einarbeitungszeit an. Insgesamt waren die zu überwindenden Qualifizierungslücken nicht allzu groß, da man bereits bei der Vorauswahl der Bediener eine "Bestenauslese" vorgenommen hatte. Da der FFS-Einsatz quantitativ im Vergleich zur Gesamtzahl der Mitarbeiter noch unbedeutend ist, stößt dieses Vorgehen noch nicht an Grenzen. Da das FFS eine Erweiterungsinvestition darstellt, gab es auch keine Probleme mit der Umsetzung oder Freisetzung von Mitarbeitern.



## 2.2 Fall B

### a) Systemkonfiguration vor dem Hintergrund betrieblicher Rahmenbedingungen

Das im Fall B zu beschreibende FFS ist in einem neuen Zweigwerk eines Unternehmens der Zulieferindustrie installiert, das über 20.000 Mitarbeiter beschäftigt und u.a. Getriebe, Achsen, Antriebssysteme und Zahnräder herstellt. Im hier interessierenden Zweigwerk sind ca. 4.500 Mitarbeiter beschäftigt.

Das 1985 installierte FFS besteht aus acht, in Gruppen zu zwei bzw. drei angeordneten Bearbeitungszentren, die durch ein Transportband und Palettenwechsler miteinander verbunden sind. Dabei wird zwar kein Leitrechner eingesetzt, aber eine Ankopplung an ein PPS-System soll in der Zukunft möglich sein, durch das die A-Teile (nach ABC-Analyse) disponiert werden, während die Fertigung der übrigen, in Wochenblöcken vorgegebenen Teile über einen PC am FFS gesteuert wird.

### **Einführungsprozeß**

Mit dem FFS wird eine Transferstraße für Achsbrücken ergänzt, die auf 60.000 Einheiten/Jahr bei Losgrößen von bis zu 300 Stück ausgelegt und mit einer rechnergesteuerten Hängebahn und der Einbeziehung von BAZ auch bereits flexibler, als ursprünglich einmal geplant, ausgestaltet ist. Über das FFS laufen die Losgrößen zwischen 1 und 50 Stück in ca. 40 Varianten bei Bearbeitungszeiten von ca. 6 bis 25 Minuten. Bei gleichem Investitionsaufwand, jedoch ganz erheblich reduzierten Umrüstungszeiten, wird ein Ausstoß von ca. 30.000 Achsen pro Jahr erreicht.

Das FFS diene damit der Kapazitätserweiterung bei erheblich gesteigerter Variantenzahl. Als Alternative wurden deshalb auch unverkettete BAZ betrachtet. Eine vergleichende Wirtschaftlichkeitsrechnung ergab nur geringfügige Rationalisierungsvorteile (Stückkosten) für das FFS, doch sah man weitere Vorteile bei den Durchlaufzeiten und durch die Personalkostenreduzierung. Wegen des großen Bearbeitungsumfangs wäre eine Komplettbearbeitung auf einem BAZ nicht möglich gewesen, was ohne automatisierten Transport zu Liegezeiten und Fertigungssteuerungsproblemen, also letztlich zu erhöhten Durchlaufzeiten geführt hätte.

Die konkreten Planungen oblagen im wesentlichen einer fünfköpfigen, internen Arbeitsgruppe (darunter der Werksleiter sowie die Leiter der Fertigungs- und der Arbeitsplanung) und dauerten ca. sechs Monate. Der Einführungsprozeß nahm fünf bis sechs Monate in Anspruch; bis alle Teile laufen, dürfte jedoch ein Jahr vergangen sein. Damit wurde der erwartete Planungs- und Einführungszeitraum jedoch eher unterschritten. Der Betriebsrat war grob informiert, seine konkrete Beteiligung jedoch nur minimal, da er seine wesentliche Aufgabe im Bereich von Entlohnungsfragen sehe.

Wichtigste Planungsaufgabe war die Auswahl des Maschinenherstellers, da die im FFS zu integrierenden, anspruchsvollen Bearbeitungsaufgaben (sehr enge Toleranzen, hohe Schnittkräfte, geringe Zerspanvolumina) nicht durch Standardmaschinen zu erledigen waren, sondern Sonderanfertigungen erforderten. Die technische Auslegung des Systems ergab sich weiterhin aus dem Kapazitätsbedarf. Beim Informationssystem verfolgte man die Philosophie, dieses nicht zu aufwendig zu gestalten, also nicht zu stark zu automatisieren, um die Störanfälligkeit möglichst gering zu halten. Desweiteren war die später noch zu beschreibende Arbeitsorganisation am FFS bereits Gegenstand der Planungsphase und wurde dort festgeschrieben.

### **Erfahrungen mit dem FFS und weitere Planungen**

Im Fall B handelt es sich um ein relativ "junges" FFS, so daß noch kaum Erfahrungen vorliegen oder Probleme endgültig benannt werden können.

Interessant ist, daß gegenüber den ursprünglichen Planungen keine wesentlichen Modifikationen vorgenommen wurden. Bezüglich der Verfügbarkeit werden 90 % angestrebt. Als einziges Problem - und dies auch nicht explizit - wurde angesprochen, daß beim Ausfall einer Maschine die ganze Gruppe als gestört gilt und nicht angesteuert wird. Während die Dreiergruppen sich jedoch ersetzen können, muß die Zweiergruppe von allen Teilen durchlaufen werden und stellt somit einen Engpaß dar.

Im Unternehmen des Falles B lagen bereits umfangreiche Erfahrungen u.a. mit einem größeren FFS im Hauptwerk vor, die aber bei der hier beschriebenen FFS-Einführung nur sehr begrenzt eingegangen sind. Man plant außerdem zur Zeit für das Werk II dieses Standortes, in dem das beschriebene FFS instal-



liert ist, zwei weitere FFS mit sieben bzw. vier Maschinen. Im größeren Werk I des Standortes soll ein bestehendes FFS mit sieben Maschinen erweitert werden und im Endzustand ca. 50 Maschinen umfassen, die allerdings wiederum in Gruppen geordnet sein sollen. Dabei werden interessanterweise jeweils unterschiedliche "Systemphilosophien" vertreten. Während man im Werk II überschaubare Insellösungen (bei Komplettbearbeitung und Reduzierung der Durchlaufzeiten auf einen Tag) mit der Möglichkeit zur späteren Vernetzung bzw. PPS-Anbindung schaffen will, deren Automatisierungsgrad nicht zu hoch ist, soll im Werk I ein Leitrechner die Fertigungsfeinsteuerung übernehmen und ein Techniker oder Ingenieur (FH) als qualifizierter Anlagenführer eingesetzt werden.

#### b) Arbeitsorganisation am FFS

Am FFS wird wie in der umgebenden Fertigung in zwei Schichten gearbeitet. Die drei Mitarbeiter pro Schicht wechseln sich bei ihren Tätigkeiten ab (Job-Rotation). Zwei Mitarbeiter beschicken die Maschinen, d.h. sie spannen Werkstücke auf bzw. ab und rüsten gegebenenfalls Vorrichtungen um, was ca. 1 bis 1,5 Stunden in Anspruch nimmt. Die Auf- und Abspannzeiten selbst sind jedoch sehr gering. Da nur zwei Pufferplätze vorhanden und die Taktzeiten meist sehr kurz sind, steht i.d.R. nur ein Zeitpuffer von 15 Minuten zur Verfügung.

Der dritte Mitarbeiter überwacht den Fertigungsprozeß und bedient die Maschinen. Aufgrund des Wechsels zwischen den Arbeitsplätzen bedeutet die gewählte Arbeitsorganisationsform, die auch Vertretungsprobleme verringern soll, für die Mitarbeiter eine relativ schwache Arbeitsteilung.

Allerdings werden in diesem Beispielsfall in sehr großem Umfang Aufgaben außerhalb des FFS ausgeführt, neben dem Programmieren, der Werkzeugvoreinstellung, Wartungsaufgaben, Instandhaltung und Reparatur sowie der Kontrolle der fertigen Teile auch Aufgaben der Fertigungssteuerung. Weiterhin sind vor- und nachgelagerte Bereiche beim Testen und Korrigieren von Programmen, hinsichtlich der Verantwortung für die einwandfreie Funktion des Systems und beim Beheben kleinerer Störungen beteiligt.

Die Entlohnung am FFS erfolgt im Akkord, der im Betrieb auf 150 % begrenzt ist und auch einen Zuschlag von 30 % für nicht beeinflussbare Zeiten vorsieht. Überlegungen in Richtung neuer Entlohnungsformen ("Nutzungsprämie") werden angestellt, doch ist man dabei sehr zurückhaltend, weil der Betriebsrat dieses Feld als seine wichtigste Aufgabe betrachtet. Innerhalb des FFS gibt es formal keine Lohndifferenzierung, doch hängt es vom jeweiligen Mitarbeiter ab, ob er bereits die Endlohnstufe erreicht hat. Um einen Anreiz zu geben, liegt die Einstufung am FFS im Vergleich zur übrigen Fertigung um eine Stufe höher.

### c) Personalauswahl und Qualifizierung

Zum Zeitpunkt der Bestellung der Maschinen für das FFS wurden auch bereits die Mitarbeiter ausgewählt. Alle waren Facharbeiter, die vorher an unverketteten BAZ und/oder Sondermaschinen gearbeitet hatten und mit der NC-Technik vertraut sind. Zum Teil handelte es sich um Jungfacharbeiter, die bereits Erfahrung mit der im FFS verwendeten Steuerung hatten, zum anderen Teil wurden gute Mitarbeiter aus dem engeren Fertigungsbereich (Meisterei) ausgesucht.

Unmittelbar darauf wurde auch mit der Schulung begonnen. Das Servicepersonal für Mechanik und Elektronik erhielt jeweils eine dreitägige Einweisung beim Maschinenhersteller. Von den angehenden Maschinenbedienern absolvierte ein Teil ebenfalls Kurse beim Maschinenhersteller. Diese wiederum lernten weitere Mitarbeiter in jeweils ca. zwei Wochen am System an. So stand schließlich ein größerer Kreis qualifizierter Bediener zur Verfügung, von denen die besten am FFS eingesetzt werden, während die übrigen weiterhin an unverketteten Maschinen arbeiten und eine Einsatzreserve bilden.

Wir haben es also im Fall B wiederum mit einer "Bestenauslese" zu tun. Gleichzeitig muß die aufgezeigte Personalauswahl- und -einsatzstrategie aber auch in Zusammenhang mit der in diesem Betrieb allgemein betriebenen Personalentwicklung gesehen werden. Das bereits mehrfach angesprochene und ja auch in der Personalauswahl zum Ausdruck kommende Prinzip der Job-Rotation soll zunehmend zur Philosophie des Mitarbeitereinsatzes auch an Einzelmaschinen gemacht werden, um langfristig eine flexiblere Mannschaft zur Verfügung zu haben. Dazu gehört dann auch der zunehmende Einsatz von Fach-

arbeitern (zum Teil auch mit weniger einschlägigen Ausbildungen wie Kfz-Mechaniker), für deren Nachwuchs durch ein relativ starkes, wenn auch am gegenwärtigen eigenen Bedarf ausgerichtetes Engagement in Ausbildung und Schulung gesorgt wird. Noch sind allerdings zwei Drittel der Beschäftigten Angelernte, deren Weiterbildung - abgesehen von der im Fertigungsbereich praktizierten Anlernung für mehrere Maschinen (Job-Rotation) - bisher noch nicht als sehr dringlich gesehen wurde.

## 2.3 Fall C

### a) Systemkonfiguration vor dem Hintergrund betrieblicher Rahmenbedingungen

Das in der Fallstudie C zu betrachtende FFS besteht aus zwei Doppelzellen (vier Bearbeitungszentren), die ohne zentralen Rechner durch induktiv geführte Wagen miteinander verkettet sind. Es wurde 1983 in einem Unternehmen des Werkzeugmaschinenbaus installiert, das insgesamt knapp 2.000 Mitarbeiter beschäftigt und eine breite Palette von Werkzeugmaschinen bis hin zu FFS anbietet.

Das FFS wird in der Großteilefertigung eingesetzt (Arbeitstische, Ständer etc.) und ersetzt ältere, unverkettete NC-Bearbeitungszentren. Nach und nach wurden noch weitere Teile von konventionellen Radial-Bohrmaschinen auf das FFS verlagert, so daß zur Zeit 20 Varianten mit Losgrößen zwischen 15 und 30 Stück bei Bearbeitungszeiten von 8 bis 100 Minuten zum Teilespektrum des FFS gehören.

### **Einführungsprozeß**

Der Anstoß, ein FFS zu installieren, kam von der Arbeitsvorbereitung. Bis zur Durchsetzung der Idee dauerte es ein Jahr. Diese Phase war von Auseinandersetzungen in der Werks- und Fertigungsleitung begleitet, während der Betriebsrat sowie ein Aufsichtsratsmitglied zu den Promotoren gehörten.

Hintergrund der FFS-Einführung war sowohl der Versuch, die eigenen Fertigungsbedingungen zu verbessern, als auch die Absicht, mit der Entwicklung von flexiblen Fertigungssystemen sich einen neuen Markt zu eröffnen. Aus der Perspektive des Anwenders sind dabei besonders folgende Punkte zu nennen:

- Es sollten möglichst anpassungsfähige Fertigungsanlagen aufgebaut werden, die nicht nur während des Einführungsprozesses bestimmte Umstellungen zulassen, sondern auch auf Dauer Veränderungen im Sinne von Umstellungsflexibilität erlauben. Eine Planungsstudie hatte auch ergeben, daß die anstehende Erweiterung bzw. der Ersatz alter Fertigungsanlagen durch eine Transferstraße zwar Produktivitätsvorteile im Normallauf brächte, diese aber durch Probleme und Kosten während der Anlaufzeit sowie Anpassungs- und Modernisierungsrestriktionen wieder aufgehoben würden.

- Es sollte eine Beschleunigung der Durchlaufzeiten erreicht werden, um damit die Kosten für die Materialbestände zu senken. Zum anderen sollte der vom Markt zunehmend geforderten Verkürzung der Planungshorizonte Rechnung getragen werden. Der Druck geht dabei vor allem vom Vertrieb aus, da sich innerhalb weniger Jahre die geforderten Lieferfristen von 18 bis 22 Monaten auf rund 12 Monate, ja teilweise sogar nur mehr 6 Monate verkürzt haben.
- Weiterhin versprach man sich eine Erhöhung der Flexibilität bei den Kapazitäten ohne den Personalbestand zu erhöhen, also erhebliche Rationalisierungswirkungen. Dies sollte durch die Beschleunigung der Durchlaufzeiten im FFS aufgrund einer Verbesserung des Fertigungsflusses und einer Verkürzung der Bearbeitungszeiten (doppelseitige Bearbeitung der Werkstücke und Verminderung der Rüstzeiten) erreicht werden.

Aus der Perspektive des Werkzeugmaschinenherstellers ergeben sich die folgenden Hauptgründe für die Einführung des FFS:

- In der Erwartung, daß es sich um eine generell wichtige Entwicklung bei Werkzeugmaschinen handle, wollte man mit einer Eigenentwicklung vertreten sein, die das Angebotsspektrum abrundet. Dies hieß für die Firma einerseits, sich den Markt für ein neues Produkt zu eröffnen. Andererseits sollte aber auch der Markt für bisherige Produkte erhalten werden, indem man im installierten FFS möglichst viele Komponenten aus dem eigenen Standardprogramm aufnahm.
- Von der Aufstellung einer Referenzanlage im eigenen Haus versprach man sich zusätzliche Werbe- und Überzeugungseffekte.
- Daneben hoffte man, durch das eigene Betreiben eines FFS Kenntnisse und Erfahrungen zu sammeln, die man dann als zukünftiger Hersteller in Produktverbesserungen und einen Erfahrungsvorsprung gegenüber der Konkurrenz verwerten kann. Dies betrifft insbesondere das relativ starke eigene Engagement in der Steuerungstechnik bzw. Softwareentwicklung, nachdem man mit der Übernahme fremder Software große Probleme hatte. Der Einstieg in anwendungsbezogene Software bedeutet für einen Hersteller von Maschinen im übrigen auch eine Zukunftsinvestition, die auf breitester Front Eingang in alle Produkte finden kann.

Das Eintreten des Betriebsrats für das FFS ergibt sich auch aus dieser Her-stellerperspektive, da er in der möglichen Umsatzausweitung einen Beitrag zur Sicherung der Beschäftigung sieht. Darüber hinaus wäre die Lösungsalternative "Transferstraße" im Hinblick auf die zu erwartenden Entlohnungs- und Arbeitsbedingungen ungünstiger. Dagegen sieht der Betriebsrat beim FFS die Möglichkeit, die Lohnstruktur bei Fertigungsarbeitern nach oben hin auszuweiten.

Wirtschaftslichkeitsüberlegungen, die im Rahmen der Planung angestellt worden waren ergaben, daß sich das FFS, je nach dem, welche Produktionsprogramme zugrunde gelegt werden, in einem Zeitraum zwischen knapp 3 und 7 Jahren amortisieren würde. Der Betriebsrat war nicht nur in den Entscheidungsprozeß, sondern im Gegensatz zum später zuständigen Meister, auch in den konkreten Planungsprozeß zum Teil mit einbezogen. Der Meister spielte erst mit der Installation der Maschinen, bei der Auswahl der Mannschaft und schließlich besonders beim Anlauf der Produktion eine wichtige Rolle.

Aufbau und Anlaufen des FFS brauchten länger als ursprünglich geplant. 1981 hatte man mit den konkreten Planungen begonnen, Ende 1982 war die Anlage installiert. Nachdem im Juli 1983 eine der beiden Doppelzellen angelaufen war, konnte die Anlage ab November 1983 voll produktiv gefahren werden. Die Verzögerungen gegenüber den Planungszielen hatten ihre Ursache im wesentlichen darin, daß bei insgesamt geringer Personaldecke kein spezielles Personal für die Eigenentwicklung "FFS" eingesetzt wurde, sondern die Fertigung eben auch die für den eigenen Bedarf geordneten Maschinen produzieren mußte, während Kundenaufträge immer Vorrang hatten.

#### **Erfahrungen mit dem FFS und weitere Planungen**

Die unerwartet hohe Produktivität des FFS führte zunächst zu Engpässen in vorgelagerten bzw. Stausituationen in nachgelagerten Bearbeitungsstufen, wenn die verfügbare Kapazität des FFS voll genutzt wurde. Zunächst wurde das FFS deshalb zum Teil nicht voll ausgelastet. Erst als mit einer gestiegenen Gesamtnachfrage alle verfügbaren Kapazitäten in Anspruch genommen werden mußten und die gesamte Fertigungsplanung neu arrangiert worden war, war dies Problem gelöst.



Die Probleme mit der technischen Auslegung des FFS bezogen sich im wesentlichen auf die Maschinensteuerung und Werkzeugkapazität bzw. den Transport. Da das Werkzeugmagazin mit 40 Werkzeugen je Maschine relativ klein ist, sind einer Belegung des FFS mit einem größeren Teilemix innerhalb eines Feinplanungszyklusses relativ enge Grenzen gesetzt. Mit drei oder vier verschiedenen Werkstücken innerhalb eines Bearbeitungsprogrammes ist normalerweise die Werkzeugkapazität erschöpft. Ein Ausbau des Werkzeugmagazins scheitert aber vor allem an der räumlichen Auslegung des Systems.

Anfängliche Schwierigkeiten bei der Koordination der induktiv geführten Wagen mit dem Systemablauf, die zum Teil auf Signalübertragungsprobleme zurückzuführen waren, sind inzwischen gelöst. Ein Handikap ist aber immer noch die relativ hohe Störanfälligkeit der Wagen und ihre mangelnde Schnelligkeit in manchen Situationen.

Mit einer angegebenen Verfügbarkeit von 85 % muß das FFS aber insgesamt als eine im Großen und Ganzen erfolgreich produzierende Anlage angesehen werden, wenn auch dieser Leistungsstand erst durch eine Reihe zum Teil aufwendiger Anpassungsprozesse und Modifikationen erreicht werden konnte. Dadurch wird auch die ursprüngliche Absicht beeinträchtigt, einen unmittelbar umsetzbaren Prototyp und eine Referenzanlage zur Verfügung zu haben.

Des weiteren wurde nicht die erwünschte Ausbaufähigkeit erreicht, weil nicht in allen Systemkomponenten entsprechende Reserven vorhanden sind. Der Grund dafür liegt nicht allein in den wohl unvermeidlichen Fehlern bei einem Pilotprojekt, sondern ist auch auf den damaligen Stand der Technik zurückzuführen, bei dem bestimmte Möglichkeiten nicht oder jedenfalls nicht in einem günstigen Preis-Leistungs-Verhältnis verfügbar waren.

Aus den gesammelten Erfahrungen sollten und wurden insbesondere Konsequenzen für das Angebot an FFS abgeleitet:

- Vereinfachung der Maschinensteuerung,
- Nutzung eines Zentralrechners bei Trennung der Zellensteuerung von der Systemsteuerung,
- soweit möglich, Verwendung alternativer Verkettungseinrichtungen, wie z.B. schienengebundenen Systemen, die billiger und schneller sind und bei entsprechender Standardisierung/Modularisierung und Konzeptionierung durchaus auch als ausbaufähig anzusehen seien,

- höherer Standardisierungsgrad beim Einsatz von Paletten (ISO-Norm),
- insgesamt stärkere Modularisierung der Systeme; dies auch besonders deshalb, um als Anbieter von Einzelmaschinen bzw. Bearbeitungszentren mit niedrigerem Integrationsgrad den Kunden die Option offen zu halten, mit diesen kleineren Einheiten gegebenenfalls später - durch Nachrüstung und Ergänzung - doch noch in ein FFS hineinzuwachsen.

Inzwischen gehören verschiedene flexible Fertigungseinrichtungen zum Produktionsprogramm des hier angesprochenen Herstellers. Eine weitere Integration automatischer Systeme in der eigenen Fertigung ist geplant bzw. in der Realisierung.

#### b) Arbeitsorganisation am FFS

Recht frühzeitig stand fest, daß die Anlage mit zwei Bedienern besetzt sein sollte. Spätestens mit der Anlaufphase verdichtete sich außerdem der Wunsch, dafür gleichwertig qualifizierte Leute zu nehmen, um eine gegenseitige Ersetzbarkeit zu gewährleisten. Sechs qualifizierte Bediener sollten letztlich einen Drei-Schicht-Betrieb erlauben. Dies ließ sich jedoch nicht verwirklichen, da entsprechende Mitarbeiter nicht in ausreichender Zahl zur Verfügung standen. Die Aufqualifizierung eines zweiten Mannes auf das Niveau des Anlagenführers wurde den Anfangsschwierigkeiten mit dem System geopfert, man legte größeren Wert auf ein "harmonisches Zusammenwirken" der Pilotgruppe, bei dem jeder an seinem Platz ausgelastet war. So blieb es bis heute bei der Differenzierung in die Tätigkeiten des Anlagenführers, der die Systemsteuerung, das Einlesen, Testen, Optimieren und Korrigieren von Programmen sowie das Einrichten übernimmt, und des Palettierers, dessen Aufgabe das Auf- und Abspannen der Werkstücke ist. Neben der allgemein zu beobachtenden Aufteilung von Funktionen zwischen Systemen und vor- bzw. nachgelagerten Bereichen, findet sich in diesem Beispielsfall also auch eine relativ starke interne Arbeitsteilung. Diese wird lediglich durchbrochen, wenn es einen Engpaß beim Auf- oder Abspannen gibt, sowie beim Einrichten (die für bestimmte Überprüfungen notwendige Einsicht in den Arbeitsraum der Maschine ist von der Steuerbühne aus nicht gegeben) und zum Teil der Werkzeugbestückung.



Nach der externen Arbeitsteilung, die an der vorhandenen betrieblichen Organisation ausgerichtet ist, erfolgt die Programmierung in der Arbeitsvorbereitung. Für die Bereitstellung der Werkzeuge ist im gesamten Fertigungsbereich "Großgehäusebau" (20 Maschinen) eine Hilfsabteilung zuständig. Wartung und Instandhaltung des FFS erfolgen ausschließlich durch entsprechendes Personal. Die zentrale Qualitätskontrolle prüft Erststücke auf Maßgenauigkeit.

Um eine optimale Ausnutzung des Systems zu erzielen, war ursprünglich eine weitreichende Änderung des Schichtsystems mit drei, sich teilweise überlappenden Schichten vorgesehen. Dies konnte, wie bereits angedeutet, ebenso wenig realisiert werden, wie ein Auseinanderziehen der bisherigen Zweischicht-Regelung und das mannlose Hineinfahren in die dritte Schicht. Hauptgrund war, daß die Werkzeugmagazine begrenzt waren und - wegen der relativ kurzen Laufzeiten - ein hoher Zusatzaufwand für Paletten und Vorrichtungen notwendig gewesen wäre. Durch die hohe, in anderen Bereichen Kapazitätsprobleme aufwerfende Produktivität des FFS war aber eine optimale zeitliche Auslastung nicht so wichtig. Hinzukommt wohl, daß die eingesetzten qualifizierten Facharbeiter kaum bereit sind, extreme Schichtarbeit zu leisten.

Auch bei der Entlohnung konnte bisher die vom Management gewünschte Lösung eines auf Systemverfügbarkeit ausgerichteten Leistungslohnes (etwa Gruppenprämienlohn), nicht erreicht werden, da dies möglicherweise das eingependelte Akkordlohnniveau am FFS von durchschnittlich 170 % gefährdet hätte. Einigkeit bestand jedoch bei der Einstufung. Wegen der herausgehobenen Tätigkeit erhielt der Anlagenführer die Lohngruppe VIII (Metalltarif Bayern). Der Palettierer ist wie die sonstigen Maschinenbediener der Großteilefertigung in eigenverantwortlicher Tätigkeit in der Lohngruppe VII eingestuft.

### c) Personalauswahl und Qualifizierung

Die Mitarbeiter für das FFS wurden primär durch den Meister aus den im Bereich der Großteilefertigung eingesetzten Facharbeitern ausgewählt. Die im Prinzip gute Versorgungslage wird dabei aus der Sicht des Meisters durch zwei Aspekte eingeschränkt:

- Nicht alle Facharbeiter verfügten über gleichhohe Kenntnisse und Fähigkeiten in bezug auf moderne Fertigungstechnologien und
- nicht alle seien bereit, sich umsetzen zu lassen, da sie befürchteten, daß die neue Tätigkeit ungewohnt und nervlich stark beanspruchend sei, während Unsicherheit über die Sicherung des bisherigen Effektivlohns bestünde. Des weiteren seien die eigentlich idealen Arbeitskräfte zwischen 25 und 27 Jahren, die für moderne Fertigungsanlagen eher aufgeschlossen sind, aber zugleich auch schon über eine gewisse Berufserfahrung verfügen, zum Teil reserviert gegenüber extremer Schicht- und Mehrarbeit.

Das hiermit angedeutete Prinzip der "Bestenauswahl" wird bestätigt, wenn man sich die Auswahl des ersten Anlagenführers, eines "absoluten Spitzenmannes", anschaut. Als erwünschte und schließlich auch erfüllte Kriterien wurden vom Meister genannt: schnelles und sicheres Einarbeiten, kein Ausschuß, gute Zusammenarbeit, gute fachliche Qualifikation (perfektes Zeichnungslesen, guter Umgang mit Werkzeugen, hohe Maschinenkenntnis), menschliche Qualitäten und geringe Absensneigung.

Neben der sorgfältigen Personalauswahl, deren Notwendigkeit sich auch aus der, insbesondere beim Einschieben von Eilaufträgen, notwendigen Disponier- und Improvisationsfähigkeit ergab (kein Leitrechner!), erfolgten für die Anlagenführer noch Schulungsmaßnahmen. Es handelte sich dabei um einen achttägigen Programmier- und einen fünftägigen Bedienerkurs.

## 2.4 Fall D

### a) Systemkonfiguration vor dem Hintergrund betrieblicher Rahmenbedingungen

Das FFS des Falles D ist in einem Zweigbetrieb eines Großunternehmens der Landtechnik, der ca. 750 Mitarbeiter beschäftigt, installiert. In diesem Zweigbetrieb erfolgt die Fertigung der Antriebsaggregate.

Das FFS, das aus vier Bearbeitungszentren besteht, die mittels eines induktiv geführten Fahrzeuges verkettet sind, wird zur Fertigung von Gehäusen (derzeit ca. 50 Varianten) eingesetzt. Das System arbeitet ohne Leitrechner.

## Einführungsprozeß

Ziel der Einführung des FFS war es vor allem, die Durchlaufzeiten drastisch zu verkürzen und eine Just-in-time-Fertigung zu realisieren.

Im Fertigungsbereich, in dem heute das FFS eingesetzt ist, wurde früher auf unverketteten Einzelmaschinen in 15 Arbeitsgängen bei Losgrößen von 200 bis 500 Stück im 2-Schicht-Betrieb gefertigt. Einige dieser Maschinen mußten ersetzt werden, die Entscheidung wurde aber hinausgeschoben. Für den nötigen Termindruck sorgte dann erst der Endtermin für die in der Bundesrepublik bis Mitte 1983 gewährte staatliche Investitionszulage. Für die angestrebte Reduzierung der Durchlaufzeit hielt man die Automatisierung des Materialflusses für unbedingt erforderlich. Die Alternative, unverkettete WZM als Ersatz zu beschaffen, wurde deshalb nicht betrachtet.

Zur Durchführung des Projekts wurde ein Planungsteam gebildet, das sich aus dem Werkleiter (Projektleiter), Mitarbeitern der Arbeitsvorbereitung, Meister und Vorarbeiter zusammensetzte. Wichtigster Planungspunkt war die Auslegung des Informationssystems. Eine Leitrechner-Installation wurde letztlich aus Kostengründen abgelehnt. Als Verkettungseinrichtung entschied man sich für ein induktiv geführtes Fahrzeug, da bei dieser Alternative die Zugänglichkeit zu den Maschinen besser erhalten bleibt.

Zum Nachweis der Wirtschaftlichkeit wurde die Fertigung auf dem FFS mit Fremdbezug verglichen. Außerdem ging in die Wirtschaftlichkeitsrechnung ein, daß das FFS die Möglichkeit bot, Lohnarbeiten, die aus Kapazitätsgründen nach außen vergeben waren, wieder in die Eigenfertigung zu übernehmen. Die Reduzierung der Personalkosten war nach Aussage des Werkleiters nicht ausschlaggebend für den FFS-Einsatz, obwohl acht Arbeitskräfte eingespart werden. Oberstes Kriterium waren Flexibilität und Durchlaufzeitverkürzung, da man im Zweigwerk zu 50 % bei der Fertigung variantenabhängig ist. Die Entscheidung über die Variante liegt aber voll beim Kunden und erfolgt damit sehr spät.

Der zeitliche Rahmen für den Planungsprozeß bestimmte sich aus dem letzten Termin der Maschineninstallation, für den noch Investitionszulage in Anspruch genommen werden konnte (August 1983). Betriebsrat und die Mitarbeiter wurden informiert, als die Zielrichtung des Projektes klar war. Die

endgültige Herstellerauswahl war zu diesem Zeitpunkt aber noch nicht getroffen, so daß der BR und die Mitarbeiter in dieser Frage ein gewisses Mitspracherecht hatten.

Laut Aussage des Werkleiters verlief der Planungsprozeß einfacher als erwartet. Die Angst vor dem Start, die auf vielen Kongressen noch geschürt wird, sei schlimmer als der eigentliche Prozeß.

### **Erfahrungen mit dem FFS-Einsatz und weitere Planungen**

Das FFS war zum Zeitpunkt der Befragung seit ca. 2 1/2 Jahren im Einsatz. Nach einem Jahr Laufzeit hat man eine Arbeitsplatzuntersuchung durchgeführt, deren Ergebnisse zu vielen Detail-Verbesserungsmaßnahmen führten, die in der Summe die Verfügbarkeit des Systems doch in erheblichem Maße positiv beeinflussen. Man geht heute von einer Verfügbarkeit von 80 % aus. Die Bediener dürfen nicht zu stark ausgelastet sein, um noch Zeit für Eilaufträge und das kreative Erkennen von Verbesserungsmöglichkeiten zu haben. Mit der realisierten Arbeitsorganisation ist man im großen und ganzen zufrieden, künftig soll die Feinplanung noch stärker ins System integriert werden. Die auf dem FFS gefertigten Gehäusevarianten haben sich von ursprünglich 24 auf 53 erhöht, die Laufzeiten liegen zwischen 20 Minuten und einer Stunde. Die Teile werden in variablem Teilemix hergestellt; es stehen 20 Pufferplätze zur Verfügung, so daß eine Entkopplung der Mitarbeiter vom Maschinenzklus gewährleistet ist.

Bei einer Nachkalkulation ergab sich für das FFS eine Amortisationszeit von knapp 2 1/2 Jahren. Die Bestände konnten wertmäßig um ca. 7 % gesenkt werden. Die Durchlaufzeit hat sich von 12 Wochen auf zehn Tage reduziert. Zusammenfassend ist man daher der Meinung, der FFS-Einsatz habe sich gelohnt.

Entsprechend sind im Betrieb weitere derartige Investitionen vorgesehen. Für die nächste Zeit ist vor allem der Ausbau des bestehenden FFS auf sieben Bearbeitungszentren geplant. Dabei soll auch noch eine Meßmaschine integriert werden und ein Zellenrechner zur Systemsteuerung installiert werden.

Generell wird man künftig auf eine Rechnersteuerung der Fertigung nicht mehr verzichten, allerdings wird kein zentralistisches Konzept angestrebt, sondern ein Verbund von Zellenrechnern, die jeweils autark Transportsteuerung und Auftragsverwaltung übernehmen. Die Fertigungsfeinsteuerung (Maschinenbelegung) soll durch den Bediener im Dialog mit dem Rechner erfolgen.

Der Einsatz von weiteren FFS ist geplant. Ein System, bestehend aus zwei Bearbeitungszentren und einer Räummaschine, die über ein Flächenportal verkettet sind, sollte noch 1986 installiert werden. Weiterhin sollen Radialbohrmaschinen durch sieben Bearbeitungszentren abgelöst werden, wobei noch nicht geklärt ist, ob und wie verkettet werden soll. Der Ausbau der BAZ zum System soll in Stufen erfolgen.

Ein rechnergestütztes PPS-System ist in diesem Betrieb im Einsatz. Man ist aber nicht voll zufrieden damit und hält z.Zt. nach einem geeigneteren System Ausschau. Die Umstellung wird allerdings durch die Anbindung an den Konzern-Verbund erschwert. Im Konzern ist ein CAD-System im Einsatz, das Zweigwerk hat allerdings keine CAD-Arbeitsplätze. Eine CAD/NC-Kopplung plant man bisher nicht.

Das Unternehmen ist z.Zt. noch zu ca. 70 % in Werkstattfertigung organisiert, die restlichen 30 % sind in materialflußorientierter Inselfertigung organisiert. Die Entwicklungstendenz geht eindeutig zu einer Ausweitung der Inselfertigung, da diese Organisationsform mit ihren Voraussetzungen

- Teilfamilienbildung und
- Materialflußorientierung

bessere Möglichkeiten zur Realisierung einer Just-in-time-Fertigung mit einer Senkung der Durchlaufzeiten und Bestände bietet.

#### b) Arbeitsorganisation am FFS

Die Wahl der Arbeitsorganisation am FFS muß im Rahmen der gesamten Betriebsphilosophie gesehen werden.

Früher war in diesem Betrieb eine arbeitsteilige Organisation Standard. Man stellte allerdings fest, daß an einigen Maschinen Stillstandszeiten und Reparaturen wesentlich häufiger und länger waren als an anderen, ohne daß es

dafür technische Gründe gab. Man untersuchte dieses Phänomen näher und stellte dabei allmählich fest, daß qualifizierte und engagierte Bediener durch höhere eigene Aufmerksamkeit und bessere Fachkommunikation, z.B. mit dem Instandhaltungspersonal, dazu beitragen, Maschinenstillstände zu vermeiden und Zeiten für die Fehlersuche bei Reparaturen zu verkürzen. Langsam fand deshalb im Betrieb ein Umdenken hin zu weniger arbeitsteiligen, stärker qualifikationsorientierten Strukturen statt.

Heute gilt die Maxime, daß kein Ungelernter eine CNC-Maschine bedienen darf. Die Maschinenbediener sollen über den Gesamtablauf Bescheid wissen, Maschinen und Elektrik kennen. Folglich wurde auch die Arbeit am FFS mit einer relativ geringen Arbeitsteilung organisiert. Allerdings sind das Programmieren, die Aufgaben der Fertigungssteuerung, Instandhaltung/Reparatur und die Qualitätskontrolle der fertigen Teile aus dem Aufgabenspektrum der Maschinenbediener ausgegrenzt. Innerhalb der Maschinenbediener bestehen keine Qualifikationsunterschiede, sie können sich gegenseitig voll ersetzen.

Das FFS wird dreischichtig betrieben, wobei auch die dritte Schicht mit voller Besatzungsstärke (je zwei Bediener) gefahren wird. Eine mannlose oder personalärmere dritte Schicht hält man nicht für möglich, da Werkzeugüberwachung und Meßoperationen aufgrund der Qualitätsanforderungen auch in der Nachtschicht unvermindert anfallen. Auch die Alternative, in der Nachtschicht nur langlaufende Teile zu bearbeiten, funktioniert nicht, da dann zu Beginn der Frühschicht zuviel Nacharbeit anfällt.

Der FFS-Einsatz bedeutete deshalb für die Bediener den vollen Einstieg in die 3-Schicht-Tätigkeit. Der Schichtwechsel erfolgt dabei täglich. Ein längerer Schichtwechsel (vier Wochen), der aus arbeitsmedizinischer Sicht günstiger beurteilt wird, wird von den Mitarbeitern wegen daraus resultierender privater Probleme abgelehnt. Ansonsten vollzog sich der Übergang ohne größere Probleme.

Der Anreiz, trotz 3-Schicht-Betrieb am FFS zu arbeiten, wird über die Entlohnung geboten. Die Mitarbeiter am FFS sind nach Arbeitswert 29 des Tarifs für NRW eingestuft (dies entspricht etwa Lohngruppe 7-8), während die Bediener der übrigen Fertigung, die an Einzelmaschinen arbeiten, nach Arbeitswert 22-23 eingestuft sind. Innerhalb der Bediener des FFS gibt es keine Lohndifferenzierung.



Die Mitarbeiter werden formal im Akkord entlohnt, faktisch besteht aber eher ein Zeitlohn. Das Lohnsystem soll in nächster Zeit den tatsächlichen Gegebenheiten angepasst werden, man fürchtet aber noch den hohen Umstellungsaufwand. Als sinnvoll wird ein Prämienlohn betrachtet, der sich an der Systemnutzung und der Qualität des Arbeitsergebnisses orientiert.

### c) Personalauswahl und Qualifizierung

Die Personalauswahl für die Bediennmannschaft des FFS erfolgte auch im Falle dieses Unternehmens im Sinne einer "Bestenauswahl". Es wurden schon in der Planungsphase sechs gute, jüngere Facharbeiter ausgewählt (Maschinenschlosser). Diese wurden vom Schichtbetrieb freigestellt, um an einer CNC-Grundausbildung teilnehmen zu können. Entstehende Lohndifferenzen (fehlende Schichtzuschläge) wurden ersetzt.

Von diesen sechs für den FFS-Einsatz ausgebildeten Facharbeitern wurden dann die vier Besten schließlich ans FFS übernommen. In einer zweiten Stufe der Personalauswahl wurden dann noch zwei Bediener, die bisher an den zu ersetzenden Maschinen gearbeitet hatten, für den FFS-Einsatz übernommen. Die übrigen sieben Bediener der ersetzten Fertigung wurden an andere Arbeitsplätze umgesetzt und arbeiten weiterhin an unverketteten Einzelmaschinen.

Direkt für den FFS-Einsatz wurden folgende Qualifizierungsmaßnahmen von den Bedienern absolviert:

- a) Teilnahme an der externen CNC-Grundausbildung bei einem am Firmensitz ansässigen Institut (Dauer: ca. 12 Wochen)
- b) Schulung beim Maschinen- und Steuerungshersteller (Dauer: eine Woche)
- c) Training on the job direkt am FFS (Dauer: ca. 10 Wochen).

Die externe CNC-Grundausbildung machte dabei ca. 1/4 des gesamten Schulungsaufwandes aus. Sie verkürzte nach Ansicht des Werkleiters die Einarbeitungszeit von ca. 1 1/2 Jahren auf etwa 1/2 Jahr.

Man verfügt heute im Betrieb meist über einen "Vorrat" von zwei bis drei Mitarbeitern, die die CNC-Grundausbildung auf privater Basis machen, ohne dazu vom Betrieb aufgefordert zu sein und finanziell unterstützt zu werden.

Zur Zeit beträgt der Facharbeiteranteil im Betrieb ca. 40 %. Die Tendenz ist aber steigend und angestrebtes Ziel ist ein Einsatz von 100 % Facharbeitern. Dabei ist der "klassische Facharbeiter" aber nicht mehr gefordert. Der Facharbeiter soll künftig verstärkt planerische und dispositive Tätigkeiten übernehmen.

Durch die Arbeit in teilautonomen Arbeitsgruppen mit verstärkter Rückverlagerung "indirekter" Tätigkeiten in die Produktion ergibt sich aber das Problem des Kompetenzschwundes auf der Vorarbeiter/Meister-Ebene. Diese Hierarchiestufe wird künftig immer weiter abnehmen. In diesem Betrieb versucht man das Problem zu lösen, indem man Vorarbeiter und Meister verstärkt für Aufgaben der betrieblichen Aus- und Weiterbildung heranzieht, ihnen also z.B. die Verantwortung für die Lehrlinge in der Produktion überträgt.

Die berufliche Bildung spielt auch insgesamt wieder eine wichtige Rolle im Unternehmen. Der Betrieb des Falles D liegt an einem ländlich geprägten Standort, so daß man trotz der veränderten Allgemeinsituation immer noch mit Facharbeitermangel zu kämpfen hat. Da aber aufgrund der oben beschriebenen langsamen Veränderung der Betriebsphilosophie der Bedarf an qualifizierten Facharbeitern für die Fertigung steigt, hat man 1982 die 1968 eingestellte Lehrlingsausbildung wieder aufgenommen. Es werden zur Zeit ca. 15 Lehrlinge pro Jahr ausgebildet, für die ein hauptamtlicher Ausbildungsleiter zur Verfügung steht. Daneben gibt es in jeder Abteilung der Fertigung zwei Mitarbeiter, die die Verantwortung für die Ausbildung der Lehrlinge außerhalb der Lehrwerkstatt übernehmen. Diese Mitarbeiter müssen die Ausbilderprüfung haben, die intern in ca. 25 Stunden erworben wird. In der betrieblichen Ausbildung werden im zweiten Lehrjahr CNC-Kenntnisse vermittelt.

Neben dieser beruflichen Erstausbildung gibt es einige Berufsbildungsangebote für Erwachsene, so z.B. Kurse für AV-Personal und Meister in Ergonomie und Kurse im Maschineneinrichten für Maschinenbediener (hauptsächlich für An- bzw. Ungelernte). Außerdem werden an externen Bildungsmöglichkeiten vor allem Kurse zur CNC-Grundausbildung und zum Techniker genutzt. Für Instandhaltungspersonal werden Kurse bei Maschinen- und Steuerungsherstellern in Anspruch genommen. Führungspersonal wird mindestens einmal pro Jahr extern weitergebildet (z.B. in Kostenrechnung, Fertigungssteuerungsmethoden, Betriebsverfassungsgesetz etc.).



## 2.5 Fall E

### a) Systemkonfiguration vor dem Hintergrund betrieblicher Rahmenbedingungen

Beim FFS des Falles E handelt es sich um ein FFS zur Fertigung von hochgenauen Gehäusen. Es besteht aus zwei Bearbeitungszentren, die mittels eines induktiv geführten Fahrzeugs verkettet sind. Das induktive Fahrzeug übernimmt darüber hinaus die Materialversorgung von fünf weiteren, manuell bedienten Maschinen, indem es die Werkstücke vom zentralen Hochregallager zu den Maschinen und zurück befördert.

Das FFS ist in einem Unternehmen des Maschinenbaus installiert, das ca. 2.300 Mitarbeiter beschäftigt. Hergestellt werden in dem hier interessierenden Hauptwerk Separatoren für die Lebensmittelindustrie. Kleinere Losgrößen, die produktgruppen-orientiert auf unverketteten Maschinen abgearbeitet werden, sind dabei üblich. Die Exportquote liegt bei fast 70 %.

### Einführungsprozeß

Das FFS ersetzt sechs NC-gesteuerte, unverkettete Bohrwerke, die technisch veraltet waren. Unter dem Eindruck mehrerer Japan-Reisen sowie von Besuchen des Projektleiters (Werksleiter) bei anderen Firmen, die FFS planten oder bereits installiert hatten, reifte der Entschluß ebenfalls ein FFS zu installieren. Man versprach sich davon die Möglichkeit zur Reduzierung der Losgrößen in Richtung einer montagebedarfsgerechten und damit bestandsminimierten Fertigung (Just-in-time-Produktion). Alternative Planungen wurden deshalb nicht verfolgt. Der frühzeitige Einsatz und die Beteiligung an der Entwicklung neuer Technologien gehört offensichtlich auch zur Firmentradition.

Das Planungsteam setzte sich aus dem Werksleiter, zwei Mitarbeitern der Arbeitsvorbereitung sowie bei Bedarf Vertretern des Maschinen- und Transportsystemherstellers zusammen. Betriebsrat und Mitarbeiter wurden mit Planungsbeginn informiert, da sich das Problem der Umsetzung von Mitarbeitern stellte.

Keiner der Hersteller übernahm die Generalunternehmerfunktion, sondern die Teilkomponenten wurden unabhängig voneinander gekauft. Die Hauptaufgabe des Planungsteams bestand deshalb aus Koordinationstätigkeiten. Eine weitere wesentliche Planungsaufgabe war die Integration der verschiedenen für das FFS verwendeten Rechner- und Steuerungssysteme. Aber auch konventionelle Probleme, wie z.B. Standortfragen, die z.B. für den Betrieb der Präzisionsmaschinen notwendige Erschütterungsfreiheit der Fundamente oder Platzprobleme betrafen, mußten gelöst werden.

Die Auswahl des Maschinenherstellers erfolgte ganz konventionell. Hauptkriterium war, die geforderte Genauigkeit im Mikrometer-Bereich liefern zu können. Bei dem so ausgewählten Hersteller, zu dem auch bereits langjährige Lieferbeziehungen bestanden, mußte dann Überzeugungsarbeit geleistet werden, um ihn überhaupt zum Einstieg ins FFS-Geschäft zu bewegen. Bei der Wahl des Herstellers des Transportsystems wurde dagegen auf Erfahrung mit verketteten Anlagen und den Nachweis von Referenzinstallationen geachtet.

Das Transportsystem wurde großzügig dimensioniert, um auch auf künftige Anforderungen reagieren zu können. Die zwei induktiv geführten Fahrzeuge werden deshalb auch nicht nur zur Versorgung der zwei Bearbeitungszentren des eigentlichen FFS eingesetzt, sondern beliefern weitere fünf, ansonsten manuell bediente Maschinen mit Material aus dem zentralen Hochregallager.

Das Informationssystem des FFS besteht aus einem zentralen Rechner, der die Steuerdatenverwaltung und -verteilung (DNC-Betrieb), die Transportsteuerung und die Auftragsreihenfolgeplanung übernimmt. Die Werkzeugverwaltung ist in den CNC-Steuerungen integriert. Der Automatisierungsgrad des Informationssystems wurde nicht explizit geplant, er ergab sich mehr oder minder "natürlich".

Das Teilespektrum für das FFS wurde unverändert von den zu ersetzenden Bohrmaschinen übernommen. Es handelt sich dabei um ca. 40 Getriebeteile, die in je zwei bis drei Aufspannungen gefertigt werden.

### **Erfahrungen mit dem FFS-Einsatz und weitere Planungen**

Der Planungszeitraum erwies sich entgegen dem auf verschiedenen Kongressen erweckten Eindruck nach Aussagen des Projektleiters mit ca. zwei Jahren als

relativ kurz. Seit 1984 arbeitet das System. Es sei aber noch zu früh, die Verfügbarkeit abschließend zu bewerten. Zur Zeit liege man bei 90 %.

Eine Nachkalkulation wurde nicht durchgeführt. Da sich jedoch die bei der Planung für einen Wirtschaftlichkeitsvergleich mit der alten Produktionsform zugrundegelegte mannlose dritte Schicht realisieren ließ, dürfte die Wirtschaftlichkeit gegeben sein.

Über das beschriebene FFS hinaus hat der Betrieb noch weitere Erfahrungen mit automatisiertem Transport und Bestückung von Maschinen. Dieser Weg soll auf der Grundlage der mit der Verkettung gesammelten Erfahrung - beispielsweise würde man jetzt für ein bestimmtes BAZ statt des Portalladers ein Flächenportal wählen - weitergegangen werden, während eine systemhafte, voll automatisierte Verkettung mehrerer Maschinen vorläufig nicht mehr geplant ist. So ist z.B. eine Senkrechtdrehzelle mit Palettenwechsler und ein BAZ mit einem Palettenpool von drei Paletten geplant. Weiterhin sollen einige weitere Maschinen von einem automatischen Transportsystem versorgt werden.

#### b) Arbeitsorganisation am FFS

Die Arbeitsorganisation war auch in diesem Beispielsfall kein besonderer Gegenstand des Planungsverfahrens, sondern ergab sich weitgehend aus der betrieblichen Tradition, nach der zentral in der AV programmiert wird (zur Zeit noch 50 % der Arbeitszeit des Programmieres für das FFS) und auch Instandhaltung sowie Qualitätskontrolle zentral organisiert sind. Innerhalb des Systems wird jedoch relativ schwach arbeitsteilig gearbeitet. Zwar liegen Verantwortung und Fertigungssteuerungsaufgaben beim Meister, der Normalschicht arbeitet, doch alle anderen Funktionen vom Programmtesten über die Werkzeugvoreinstellung bis zum Rüsten werden von den zwei Mitarbeitern in der ersten bzw. dem einen Mitarbeiter in der zweiten Schicht wahrgenommen. Die Nachschicht wird mannlos mit einfacheren Teilen und langen Laufzeiten gefahren. Durch acht Pufferplätze für das Auf- und Abspannen ist bei gegebenen Bearbeitungszeiten von ein bis zwei Stunden eine ganze Schicht abgedeckt.

Die Entlohnung erfolgt für die drei Mitarbeiter gleich im Zeitlohn der Stufe 9,5 (zwischen Einrichter und Vorarbeiter) mit diversen Zuschlägen u.a. für die Schichtarbeit. Damit liegt das Lohnniveau etwa ein bis zwei Stufen über dem der umgebenen Fertigung. Für die einzelnen Mitarbeiter bedeutet der Einsatz am FFS eine Lohnerhöhung um ca. eine Stufe.

Als weitere Auswirkung auf andere Unternehmensbereiche wurde genannt, daß die Konstruktion FFS-spezifische Konstruktionsmerkmale, wie z.B. das Angießen von Spannstellen, berücksichtigen muß.

### c) Personalauswahl und Qualifizierung

Die gewählte Arbeitsorganisation verlangt relativ hohe Qualifikationen bei den Bedienern. Entsprechend sollten "lern- und veränderungsbereite Leute" ausgewählt werden. Betriebliche Philosophie ist es, dabei so viele Arbeitsplätze wie möglich intern zu besetzen. Angestrebt war die Qualifikation "Techniker". Dies konnte insbesondere wegen der zu leistenden Schichtarbeit nicht realisiert werden, so daß jetzt Facharbeiter, die zuvor an unverketteten NC-Maschinen teilweise als Einrichter und/oder Springer gearbeitet hatten, am FFS eingesetzt sind. Nur ein Mitarbeiter stammt aus dem Arbeitsbereich, der durch das FFS ersetzt wurde. Die übrigen Mitglieder dieser zwölfköpfigen Gruppe sind unter Beibehaltung des Lohnniveaus an andere Arbeitsplätze versetzt worden. Letztlich handelt es sich also auch in diesem Fall wiederum um eine "Bestenauslese".

Dies drückt sich dann auch im Umfang der Schulungsmaßnahmen aus. Der Programmierer und ein Bediener nahmen an einem einwöchigen Kurs des Herstellers teil. Die beiden anderen Bediener wurden etwa zwei Wochen am System geschult. Desweiteren gab es eine längere selbständige Einarbeitungsphase am System.

Der Personaleinsatz am FFS muß auch im Zusammenhang mit der Qualifikationsstruktur des Betriebes insgesamt gesehen werden. Von den 1.200 gewerblichen Mitarbeitern sind ca. 60 % Facharbeiter, die z.T. allerdings aus dem Anlernbereich kommen und "lediglich" zusätzliche Schulungen durchlaufen haben. Seit vier bis fünf Jahren nimmt dieser Bereich jedoch ab. In einer eigenständigen, vom übrigen Betrieb getrennten Lehrwerkstatt werden pro Jahr ca. 50 gewerbliche Lehrlinge ausgebildet.

### 3. Ergebnisse der Fallstudien installierter flexibler Fertigungssysteme

#### 3.1 Systemkonfigurationen, Einführungsstrategien und Erfahrungen vor dem Hintergrund unterschiedlicher betrieblicher Rahmenbedingungen

Die in den Fallstudien untersuchten Betriebe gehören wie gezeigt alle zur Maschinenbaubranche, weisen jedoch sehr unterschiedliche Produktspektren auf. Diese reichen von Antriebstechnik, Landtechnik, Industrieanlagen bis zu Werkzeugmaschinen. Auch hinsichtlich der Betriebsgröße (Beschäftigtenzahl) sind große Unterschiede vorhanden. Das Spektrum reicht von ca. 750 Mitarbeitern bis zu ca. 13.000 Mitarbeitern. Gemeinsam ist allen Unternehmen, daß die wirtschaftliche Entwicklung der letzten Jahre, gemessen am Umsatz, positiv verlief.

Konkreter Anlaß für den FFS-Einsatz war bei allen Betrieben ein aktueller Kapazitätserweiterungsbedarf oder eine anstehende Ersatzinvestition. Dennoch lagen ganz unterschiedliche Ausgangssituationen vor: Zwei Betriebe ersetzen bzw. ergänzten durch das FFS eine Transferfertigung, die übrigen ersetzen unverkettete konventionelle und/oder NC/CNC-Werkzeugmaschinen.

Dementsprechend unterschieden sich auch die mit dem FFS-Einsatz verfolgten Ziele. Während bei den Firmen, die Transferstraßen ersetzen, die flexible Anpassung an gestiegene Variantenzahlen und kürzere Produktlebenszyklen im Vordergrund stand (Produktflexibilität), wollten die Firmen, die unverkettete Werkzeugmaschinen ersetzen, vor allem eine Senkung der Durchlaufzeiten und der Bestände durch eine montagebedarfsgerechte Fertigung (JIT) erreichen, um vom Markt geforderte kürzere Lieferfristen zu realisieren.

Der Planungsprozeß wies bei den untersuchten Betrieben jeweils unterschiedliche individuelle Schwerpunkte und Probleme auf, die meist technischer Natur waren und aus den Bearbeitungsanforderungen resultierten. Dennoch gibt es einige Gemeinsamkeiten im Vorgehen. In allen Betrieben wurde ein Planungsteam gebildet, das sich meist aus dem Promotor des FFS und Vertretern von Fertigungsvorbereitung und Fertigung zusammensetzte. Eine interdisziplinäre Zusammensetzung des Teams, z.B. mit Vertretern der betriebswirtschaftlichen Seite, Arbeitnehmervertretern und betroffenen Mitarbeitern, wurde, da der Anstoß immer von technischer Seite ausging, nicht realisiert. Die Planungsarbeit bezog sich vor allem auf technische Fragen, wie

Systemlayout, räumliche Unterbringung des FFS, Maschinenauswahl (Herstellerauswahl). Fragen der Arbeitsorganisation und der Qualifikation wurden im Planungsprozeß wenig thematisiert. Ebenso spielten weitere Überlegungen zur menschengerechten Gestaltung der Arbeitsbedingungen kaum eine Rolle.

Tabelle 9: Technisch-wirtschaftliche Rahmendaten zu den untersuchten Systemen

	Fall A	Fall B	Fall C	Fall D	Fall E
Branche	Mechanische Fertigung (Fahrzeugteile)	Mechanische Fertigung (Fahrzeugteile)	Werkzeugmaschinenindustrie	Landmaschinen	Mechanische Fertigung (Separatoren)
Betriebsgröße (Beschäftigte)	ca. 13.500	ca. 4.500	ca. 1.300	ca. 750	ca. 2.300
FFS-Installationsjahr	1983	1985	1983	1983	1984
ersetzte Fertigung	Transferstraße	Transferstraße	unverk. Werkzeugmaschinen	unverk. Werkzeugmaschinen	unverk. Werkzeugmaschinen
<u>techn. Layout</u>					
Maschinen	3 BAZ	8 BAZ	4 BAZ	4 BAZ	2 BAZ
Verkettungseinrichtung	Schienenwagen	Transportband	indukt. Wagen	indukt. Wagen	indukt. Wagen
Informationssystem	zentr. Rechner	kein zentr. Rechner	kein zentr. Rechner	kein zentr. Rechner	zentr. Rechner
Teilespektrum	Getriebe-, Kurbel-, Prototypengehäuse	Achsbrücke	WZM-Großteile	Getriebegehäuse	Getriebeteile
Varianten	ca. 40	ca. 40	ca. 20	53	ca. 40
Losgrößen	5 - 500	1 - 50	15 - 30	20 - 400	1 - 20
Bearbeitungszeiten	12 - 180 Min.	15 - 25 Min.	10 - 100 Min.	20 - 60 Min.	60 - 120 Min.



Zum Nachweis der Wirtschaftlichkeit des FFS wurde bei allen Unternehmen eine Wirtschaftlichkeitsrechnung durchgeführt, die jedoch, da eine für komplexe Systeme adäquate Berechnungsmethode bisher nicht existiert, immer nur einen Fertigungskostenvergleich mit der ersetzten, konventionellen Fertigung oder mit Fremdbezug enthielt. Nur in einem Fall wurde mit der Alternative "Fertigung auf unverketteten Bearbeitungszentren" verglichen. Hierbei war der Produktivitätsanstieg durch das FFS sehr gering. Diese Wirtschaftlichkeitsrechnungen bildeten deshalb, da man sich der Mängel durchaus bewußt ist, auch nur maximal 50 - 60 % der Entscheidungsgrundlage. Weitere wichtige Gesichtspunkte sind Know-how-Erwerb in der neuen Technologie, Flexibilitätsgewinn auf längere Sicht, Reduzierung von Durchlaufzeiten und Beständen, Kriterien also, die sich nur schwer oder gar nicht quantifizieren lassen. Das Kriterium "Reduzierung der Personalkosten" spielte in den Überlegungen der Firmen nur eine untergeordnete Rolle.

Bei der Layoutplanung der Systeme muß man unterscheiden zwischen der Planung des Bearbeitungssystems (Maschinen), der Verkettung und des Informationssystems:

- Die Maschinenauswahl nach Art und Anzahl erfolgte aufgrund der Bearbeitungsanforderungen des Teilespektrums sowie herstellerspezifischen Kriterien, wie Erfahrung mit FFS, Liefertreue, bereits bestehende Kontakte etc. Die Maschinenanzahl leitet sich ab aus der Kapazität der zu ersetzenden Anlagen bzw. aus dem prognostizierten Kapazitätsbedarf im Falle einer Erweiterungsinvestition.
- Bei der Wahl der Verkettungsmittel lassen sich verschiedene Strategien beobachten, z.T. wird nach dem Kriterium, möglichst kostengünstig zu verketteten, gehandelt, z.T. möchte man auch für künftig eventuell geänderte Anforderungen gerüstet sein und legt das Verkettungssystem mit induktiv gesteuerten Wagen für den aktuellen Bedarf sehr großzügig konzipiert aus.
- Auch bei der Wahl des Automatisierungsgrades des Informationssystems (Leitrechner) spielen nicht nur funktionelle Kriterien eine Rolle. Häufig wird gerade hier der Pilotcharakter der Projekte betont, man möchte Know-how erwerben und in Richtung einer computerintegrierten Fertigung experimentieren. Es gibt aber auch den Fall, in dem man aus Kostengründen auf die Installation eines Leitrechners verzichtet hat.

Die untersuchten Systeme weisen also, obwohl sie alle in dem relativ engen Zeitraum zwischen 1983 und 1985 installiert wurden und fast alle zur Fertigung von prismatischen Gehäuseteilen dienen, eine sehr unterschiedliche technische Ausgestaltung auf.

FFS haben sich als Technik erwiesen, die in breiterem Umfang Akzeptanz in der betrieblichen Praxis findet. Dies zeigt sich daran, daß alle Unternehmen weitere FFS/FFZ planen oder bereits im Einsatz haben. Für diese weiteren Planungen lassen sich einige gemeinsame Entwicklungstendenzen feststellen:

Zum einen konnte der bereits in der Breiterehebung festgestellte Trend zu kleineren Systemen untermauert werden. Falls größere Systeme geplant sind, wird man diese in Subsysteme aufsplitten, die steuerungsmäßig weitgehend autark sind, und material- und informationsflußmäßig nur locker miteinander vernetzt werden sollen. Des weiteren läßt sich feststellen, daß eine Rechnerführung der Systeme künftig immer geplant wird. Allerdings sollen auch die Rechnersysteme stärker hierarchisiert und die Rechnerintelligenz stärker dezentralisiert werden, so daß Entscheidungen näher ans System verlagert werden (Zellenrechner). Auch macht man vermehrt von den Möglichkeiten der Kommunikation mit dem Rechner im Dialog Gebrauch, d.h. im besonderen, daß die Maschinenbelegungsplanung nicht zentral von einem übergeordneten Rechner vorgegeben wird, sondern dezentral am System vom Anlagenführer beeinflussen und optimiert werden kann.

Die theoretisch vorhandene Einsatzflexibilität der Systeme, die sich bei allen untersuchten Systemen in etwa der gleichen Größenordnung von ca. 20 - 50 verschiedenen Werkstücken (Varianten) bewegt, wird im praktischen Betrieb sehr unterschiedlich genutzt. Während beim einen Extrem hauptsächlich Kapazitätsbedarfsüberhänge von sonst auf Transferstraßen bearbeiteten Werkstücken übernommen werden, die immer noch so hohe Losgrößen aufweisen, daß ein Wechsel auf ein anderes Werkstück nur selten nötig wird (alle zwei bis drei Tage), werden in einem anderen Fall die Teile im absoluten Teilemix montagebedarfsgesteuert abgearbeitet.

Die Systeme unterscheiden sich auch in der Anpaßflexibilität, d.h. dem Rüstaufwand, der beim Übergang auf ein neues Werkstück entsteht. Auch hinsichtlich Fertigungsredundanz und Durchlauffreizügigkeit, d.h. einstufiger



oder mehrstufiger Bearbeitung bestehen beträchtliche Unterschiede. Eindeutige Entwicklungstrends hinsichtlich der Flexibilität der Systeme lassen sich also nicht feststellen.

### 3.2 Formen und Veränderungen der Arbeitsorganisation

Ein Vergleich der hier näher untersuchten Fälle des Einsatzes flexibler Fertigungssysteme und -zellen macht deutlich, daß sich ein einheitliches Konzept für die Formen von Arbeitsorganisation, Arbeitsteilung und Arbeitskräfteeinsatz bisher in den metallverarbeitenden Betrieben der Bundesrepublik Deutschland noch nicht herausgebildet hat. Insgesamt ist eine große Variationsbreite in der Art und Weise festzustellen, wie die trotz Automatisierung verbleibenden Arbeitsaufgaben zu Arbeitsplätzen für mehr oder weniger ständig eingesetztes Bedienpersonal gebündelt und gegenüber Funktionen von Abteilungen außerhalb der Produktionswerkstätten abgegrenzt werden. Ein Teil dieser Variabilität hat sicherlich mit der Unterschiedlichkeit der Systeme nach Größe, Maschinenfiguration, Automatisierungsgrad, Charakteristiken des dort laufenden Produktionsprozesses etc. zu tun; offensichtlich werden jedoch auch prinzipiell gegebene Gestaltungsspielräume je nach betrieblichen Bedingungen und besonderen Zielsetzungen unterschiedlich genutzt. Unterschiede in der Arbeitsteiligkeit des Personaleinsatzes lassen sich auf zwei Ebenen fassen:

- Zum einen geht es darum, ob die direkt dem System zugeordneten Arbeitskräfte dort gleichartige oder nach Anforderungen und Funktionen unterschiedliche Arbeitsplätze auszufüllen, sich ersetzende oder sich ergänzende Arbeitsaufgaben zu erfüllen haben.
- Zum anderen geht es um die Definition der Schnittstellen zu den oft als indirekt bezeichneten betrieblichen Funktionen, die in der Vergangenheit unter der Anwendung tayloristischer Organisationsprinzipien häufig aus der Arbeit des Werkstattpersonals ausgegliedert und eigenen Abteilungen zugewiesen worden sind. Solche Funktionen können in unterschiedlichem Ausmaß in das Aufgabenfeld des Bedienpersonals einbezogen werden.

Die näher untersuchten Fälle liegen alle zwischen den beiden denkbaren Extrentypen eines stark arbeitsteiligen Bedienereinsatzes bei gleichzeitig

hoher Bedeutung von systemexternen Interventionen einerseits und einer weitgehend autonomen Gruppe gleichartig qualifizierter Systembediener andererseits, die in gemeinsamer Verantwortung und nach Bedarf wechselnder Aufgabenverteilung das System quasi als "Fabrik in der Fabrik" weitgehend selbständig fahren.

Häufig ist der Erfahrungszeitraum mit den neuen flexiblen Anlagen noch zu kurz, als daß sich die Formen von Arbeitsorganisation und Arbeitskräfteeinsatz bereits verfestigt hätten (Fall A). In manchen Fällen gibt es Pläne für eine umfassendere Reorganisation der Arbeitsstrukturen bei einem breiteren Einstieg in die flexible Fertigungstechnik. Hier wird daran gedacht, Funktionen wie Arbeitsvorbereitung, Programmierung, Qualitätssicherung, Produktionssteuerung etc. zu dezentralisieren und personell enger an die verschiedenen Teilkomplexe des Produktionsapparates anzubinden bzw. für bestimmte, werkstückspezifische Fertigungsabschnitte zu integrieren. Derzeit ist allerdings offen, ob und inwieweit sich solche Konzepte in breiterem Umfang durchsetzen werden und entlang welcher Schnittlinien die Arbeit solcher Systemmannschaften mit breiter Zuständigkeit intern dann aufgeteilt werden wird (stark oder schwach arbeitsteilig?/ qualifikationshomogen oder -polarisierend? etc.).

Unterschiede gibt es auch beim Schichteinsatz der flexiblen Fertigungszellen und -systeme. Mindestens zweischichtige Systemnutzung ist die Regel und ein gewisser Druck zur Ausdehnung der Nutzungszeiten überall zu beobachten. Dabei zeigen sich Ansatzpunkte einer Entkoppelung von Systemnutzungs- und Personaleinsatzzeiten. Mannarmer oder teilweise mannloser Betrieb in der dritten Schicht wird jedoch nicht überall für sinnvoll oder praktikabel gehalten. Neben Beispielen einer unterschiedlich starken Besetzung verschiedener Schichten gibt es auch das eines dreischichtigen Betriebs mit jeweils gleich großer Systembesatzung (Fall D).

Tabelle 10: Arbeitsteilung und Arbeitsorganisation in fünf FFS-Fällen (BRD 1986)

Aufgaben und Funktionen	Fall A			Fall B			Fall C			Fall D			Fall E		
	FFS-extern	FFS-interne Arbeitsplätze			FFS-extern	FFS-int. Arb.pl.		FFS-extern	FFS-int. Arb.pl.		FFS-extern	FFS-int. Arb.pl.	FFS-extern	FFS-int. Arb.pl.	
		I	II	III		I	II		I	II		I		I	
- Programmieren	x				x			x			x		x		
- Programme optimieren	x		x		x	x			x			x		x	
- Fertigungsfeinsteuerung		x			x			x			x		x		
- Werkzeuge vor-einstellen				x	x	x		x				x		x	
- Werkzeugmagazine bestücken			x			x			x	x		x		x	
- Systemgesamtverantwortung		x	x		x	x			x			x	x		
- Vorrichtungen umrüsten			x				x		(x)	x		x		x	
- Werkstücke auf-u. abspannen			x				x		(x)	x		x		x	
- Werkzeugmaschine(n) einrichten			x			x			x	x		x		x	
- Bearbeitung überwachen			x			x			x			x		x	
- Maßkontrolle während der Bearbeitung			x			x			x			x		x	
- Endkontrolle fertiger Teile	x		x		x			x			x		x		
- laufende Wartungsarbeiten	x				x			x			x		x		
- kleinere Störungen beseitigen			x		x	x	(x)	x				x		x	
- Instandhaltung/Reparatur	x				x			x			x		x		
Mannschaftsstärke pro Schicht															
1. Schicht		(1)	2	(1)		1	2		1	1		2		2	
2. Schicht		0	2	(1)		1	2		1	1		2		1	
3. Schicht		-	-	-		-	-		-	-		2		0	
Arbeitsplatz/Auf-gaben-Zuweisung															
- fixiert			x				x		x	x		x		x	
- offen															
- rotierend						x									
Qualifikationsstruktur (Zahl der Arbeitskräfte)															
- Meister/Techniker		1													
- Facharbeiter			4	2		9			2	2		6		3	
- Angelernte															
Qualifizierungsmaßnahmen bei Erstmannschaft (Dauer in Wochen)															
- Hersteller-Kurse		16	2			2						1		2	
- Lehrgänge		-	-			1			2			12			
- Einarbeitung im System		24	24			6			24	6		10		8	

### 3.3 Personalauswahl und Qualifizierung

Bei der Besetzung der Arbeitsplätze an den flexiblen Fertigungssystemen und -zellen und bei der Vorbereitung des Personals auf die dort zu erledigenden Arbeitsaufgaben ist die Vorgehensweise der Betriebe relativ ähnlich.

In aller Regel wird im Rahmen einer "Bestenauswahl" aus dem Reservoir der vorhandenen Fertigungsbelegschaften rekrutiert. Ausgewählt werden meist jüngere, erfahrene, mobilitätsbereite und als besonders lernfähig eingeschätzte Arbeitskräfte. Dies geschieht zumeist vor Inbetriebnahme der Systeme beim Anwender, so daß Schulungskurse beim Hersteller absolviert werden können und eine Beteiligung beim Aufbau der Systeme erfolgen kann. Von Fall zu Fall wird auch das Absolvieren besonderer Kurse (z.B. Programmieren, Schulung im Umgang mit CNC-Steuerungen etc.) verlangt, die entweder in den Ausbildungsabteilungen der Anwenderbetriebe oder auch extern absolviert werden können.

Ganz überwiegend werden Facharbeiter mit einer Ausbildung in einem der einschlägigen metallverarbeitenden Berufe eingesetzt. Aufgrund der veränderten Arbeitsmarktsituation haben sich die Probleme für die Betriebe reduziert, Facharbeiter in Produktionsarbeitsplätze einzuschleusen, selbst wenn diese beispielsweise mit dem Nachteil des verstärkten Schichteinsatzes behaftet sind. Das gilt besonders auch für sog. Jungfacharbeiter, die ihre Lehrausbildung vor noch nicht zu langer Zeit abgeschlossen haben und damit hinsichtlich der modernen Steuerungs- und Bearbeitungstechniken bessere Qualifikationsvoraussetzungen mitbringen als ältere Kollegen.

In keinem der erfaßten Betriebe nimmt die flexible Fertigungstechnik bisher einen so breiten Raum ein, als daß diese Vorgehensweise bisher an Grenzen der in den Betrieben vorhandenen Qualifikationsreserven gestoßen wäre. Eine andere Frage ist es jedoch, ob und ggf. mit welchem Aufwand sich im Zuge breiter angelegter technisch-organisatorischer Umstellungen ein umfassender Umbau der Fertigungsbelegschaften von einer Angelernten- zu einer Facharbeiterfertigung durchsetzen ließe. Einerseits kommt bei meist stagnierenden Belegschaftszahlen eine Veränderung der Qualifikationsstruktur über Austauschprozesse mit dem externen Arbeitsmarkt kaum in Frage. Auf der anderen Seite sind betriebliche Ausbildungssysteme in den wenigsten Fällen so ausgebaut, daß eine erwachsenengerechte Qualifizierung größerer Teile der Angelernten ohne weiteres bewältigt werden könnte.

## Zusammenfassung und Schlußfolgerungen

Die Untersuchung hat gezeigt, daß flexible Fertigungssysteme und -zellen gegenüber dem Entwicklungsstand vor wenigen Jahren erheblich an Bedeutung gewonnen haben. Ende 1985 hat sich die Zahl der Systeme in der Bundesrepublik Deutschland im Vergleich zu 1983 in etwa verdoppelt. Für 1985/86 kann von rund 200 flexiblen Fertigungszellen und knapp 100 Mehrmaschinensystemen ausgegangen werden. Der Verbreitungsprozeß zeigt bei flexiblen Fertigungszellen eine stärkere Dynamik als bei Mehrmaschinensystemen. Bei den flexiblen Fertigungssystemen im engeren Sinn, die mehrere Werkzeugmaschinen und ggf. andere Aggregate integrieren, läßt sich ein gewisser Trend zu kleineren Systemeinheiten feststellen. Zwar werden zum Teil auch heute noch sehr große Systeme mit 20 und mehr Maschinen geplant, diese sollen dann aber in kleinere, weitgehend autonome Subsysteme (mit 3 - 7 Maschinen) mit einer eher lockeren Vernetzung von Material- und Informationsfluß aufgeteilt werden.

Beim Informationssystem wird derzeit häufig auf den Einsatz eines übergeordneten Leitrechners verzichtet zugunsten einer weniger aufwendigen, stärker dezentralen Ausgestaltung des Informations- und Steuerungssystems. Künftige Mehrmaschinensysteme werden in der Regel über einen Leitrechner verfügen; allerdings ist eine stärker hierarchisierte Rechnerkonfiguration mit dezentralisierter Rechnerintelligenz vorgesehen, so daß von der Technik her im Prinzip Entscheidungen (etwa über die Maschinenbelegungsplanung) dezentral im Dialogverkehr durch die Systembediener erfolgen können.

Bei der Mehrheit der in die Systeme integrierten Werkzeugmaschinen handelt es sich um Bearbeitungszentren; bei größeren Systemen spielen Dreh- und Sondermaschinen eine wichtige Rolle. Die Wahl der Verkettungseinrichtungen für Werkstück- und Werkzeugtransport sowie deren Handhabung ist stark von der Systemgröße und der Maschinenkonfiguration abhängig; allgemeine Entwicklungstrends lassen sich deshalb hier kaum feststellen.

Die überwiegende Mehrheit der Systeme (85 Prozent) übernimmt Produktionsaufgaben, die zuvor an unverketteten konventionellen oder numerisch gesteuerten Einzelmaschinen durchgeführt worden sind; nur 11 Prozent der Systeme treten an die Stelle von Transferstraßen, also hochautomatisierten, aber starren Produktionsanlagen. Bei den Innovationszielen spielen dement-

sprechend die Erhöhung der Produktivität und die Verkürzung von Durchlaufzeiten eine größere Rolle als die Steigerung der Flexibilität zur Bewältigung einer gestiegenen Variantenvielfalt in der Produktion.

Das Haupteinsatzfeld der Systeme liegt bei mittleren bis größeren Unternehmen (mit 500 und mehr Beschäftigten) des Maschinenbaus. Nach wie vor hat der Einsatz dieser Systeme für die meisten Betriebe (noch) Pilotcharakter. Dennoch kann davon ausgegangen werden, daß flexible Fertigungssysteme und -zellen eine wichtige technische Entwicklungslinie darstellen, nämlich eine der Komponenten zunehmend computergestützter Integration, mit deren Hilfe Betriebe versuchen, die "Fabrik der Zukunft" auf- und auszubauen. Daneben werden andere Möglichkeiten technischer Innovation, teils parallel, teils komplementär unter dem Gesamtbegriff computerintegrierte Fertigung (CIM) verfolgt, so etwa computergestütztes Konstruieren und Fertigen (CAD/CAM), erweiterter DNC-Einsatz, neue Systeme der Produktionsplanung und -steuerung (PPS) usw.

Während bis Anfang der 80er Jahre der Verbreitungsprozeß eher langsam verlief, repräsentieren flexible Fertigungssysteme und -zellen jetzt offensichtlich eine wichtige Linie technischer Entwicklung, deren Folgen für Arbeitsorganisation und Personaleinsatz näherer Analysen bedürfen. Die spezifische Umbruchsituation, die Tatsache, daß in vielen Betrieben mit dem Einsatz dieser neuen fertigungstechnischen Komponenten noch experimentiert wird, macht es allerdings schwierig, aus den vorliegenden Erfahrungen ohne weiteres auf künftige Entwicklungen zu schließen.

Die hier vorgestellten Untersuchungsergebnisse verdeutlichen erneut, daß es zwischen der technischen Auslegung der Systeme, den gewählten Lösungen für Arbeitsorganisation und Arbeitskräfteeinsatz sowie Art und Umfang der durch die technische Innovation ausgelösten Qualifizierungsmaßnahmen keine zwingenden, deterministischen Zusammenhänge gibt. Ganz offensichtlich werden technisch ähnliche Fertigungsanlagen von verschiedenen Betrieben unter unterschiedlichen Rahmenbedingungen unterschiedlich eingesetzt und genutzt. Dies zeigt, daß eine Anpassung und Ausgestaltung der Technik (vor allem bei der Steuerungs-Software des Informationssystems, aber auch im Hinblick auf die Bedienerfreundlichkeit) entsprechend unterschiedlichen Anforderungen von Betrieb und Arbeitnehmern durchaus möglich ist. Allerdings gibt es bisher nur in wenigen Betrieben Ansätze einer systematischen Verbesserung der



Arbeitsbedingungen, beispielsweise durch weniger arbeitsteilige Formen der Organisation.

Die Arbeitsorganisation wird in der Realität weniger durch fertigungstechnische Sachzwänge als durch traditionelle Strukturen in den Unternehmen geprägt. In vielen Betrieben bedeutet dies eine Orientierung an stark arbeitsteiligen Formen der Organisation und des Arbeitskräfteeinsatzes. Insbesondere wenn es um die Arbeitsteilung zwischen Systemmannschaft und vor- und nachgelagerten Bereichen geht, legen bestehende betriebliche Organisationsstrukturen, in denen eigene Abteilungen für Arbeitsvorbereitung, Instandhaltung und Qualitätskontrolle vorgesehen sind, eher eine systemexterne Erfüllung von Funktionen wie Programmerstellung und -optimierung, Fertigungssteuerung, Beheben von Störungen oder Qualitätskontrolle produzierter Werkstücke nahe. Auch der Anteil flexibler Fertigungszellen und -systeme, die intern eine starke Arbeitsteiligkeit aufweisen, wo also mehrere spezialisierte Arbeitsplätze für verschieden qualifizierte Beschäftigte definiert sind, ist - wenn auch nur wenig - größer als derjenige schwach arbeitsteilig organisierter Systeme.

Zumindest die Fallstudienenergebnisse deuten aber in die Richtung, daß in Verbindung mit der neuen Fertigungstechnik in den Betrieben die Vorteile stärker ganzheitlich orientierter Arbeitsformen und des Einsatzes qualifizierter Arbeitskräfte mehr und mehr erkannt werden. Mehrere Zusammenhänge sind hierfür von Bedeutung:

- Angesichts der immer noch vergleichsweise hohen Kosten der flexiblen Fertigungstechnik spielt das Argument der Lohn- bzw. Personalkosteneinsparung eine vergleichsweise geringe Rolle. Unterschiede in den Lohnkosten zwischen spezialisierten Angelernten einerseits, umfassend qualifizierten Facharbeitern andererseits schlagen in Relation zu den hohen Maschinenstundensätzen kaum zu Buche.
- Mehrfach wurde die Erfahrung gemacht, daß Probleme einer nicht ausreichenden Verfügbarkeit der komplexen Fertigungsanlagen nur scheinbar rein technischer Natur sind, sondern vielmehr auch mit Formen des Arbeitskräfteeinsatzes zu tun haben. Personell stärker besetzte und umfassend qualifizierte Bedienungsmannschaften können durch rechtzeitige und adäquate Eingriffe Systemausfälle verhindern und Stillstandszeiten vermindern.



- Personalausfälle sind leichter zu kompensieren, wenn alle Systembediener alle vorkommenden Aufgaben beherrschen und sich daher voll gegenseitig ersetzen können.
- Schließlich erleichtert es die Arbeitsmarktsituation in den letzten Jahren vielen Betrieben, Facharbeiter, insbesondere auch die häufig mit den modernen Fertigungstechniken besser vertrauten sog. Jungfacharbeiter, in Produktionsarbeitsplätze einzuschleusen, insofern einigermaßen adäquate Arbeits- und Entlohnungsbedingungen geboten werden. Dies gilt selbst dann, wenn dafür ein verstärkter Einsatz in Schichtarbeit in Kauf genommen werden muß.

Die Grenzen und die Dauerhaftigkeit solcher Formen der Arbeitsorganisation und des Personaleinsatzes sind allerdings derzeit nicht eindeutig bestimmbar. Auf der einen Seite stützen erkennbare Vorteile für Betrieb und betroffene Arbeitnehmer die Verbreitung solcher Arbeitsformen, auf der anderen Seite darf das Beharrungsvermögen überkommener betrieblicher Strukturen und Prinzipien des Personaleinsatzes nicht unterschätzt werden, die in vielen Betrieben auf hohe Arbeitsteiligkeit und starke Kontrolle ausführender Arbeit ausgerichtet sind.

Hier liegt also noch ein Forschungsfeld. Die oben angedeuteten Zusammenhänge nachzuweisen, wäre gerade in der gegenwärtigen frühen Phase der Verbreitung von flexiblen Fertigungssystemen und -zellen eine wichtige Aufgabe, um den Unternehmen deutlich zu machen, daß sich die "Investition" in humanere Arbeitsstrukturen und das Vorhalten von Qualifikationen "vor Ort" im konkreten Fall "lohnt". Im übrigen darf nicht übersehen werden, daß die derzeit in den Betrieben beobachtbaren Verhältnisse oft stark durch die besondere Situation geprägt sind, die sich bei der Einführung neuartiger Techniken ergibt, in der sich auftretende Unsicherheiten und betriebliche Experimente niederschlagen.

Ein eindeutiger Trend der Gestaltung der Arbeit in flexiblen Fertigungssystemen und -zellen zeichnete sich demnach derzeit noch nicht ab. Im Gesamtfeld der Betriebe mit mehr oder weniger langer Erfahrung mit der neuen Fertigungstechnik differieren die Formen der Arbeitsorganisation und des Personaleinsatzes sehr stark und in Einzelfällen lassen sich mehrmalige Veränderungen in den Organisationsprinzipien nachweisen.

Im übrigen ergeben sich für die unmittelbar betroffenen Arbeitnehmer, die in den neuen Systemen eingesetzt sind, häufig keine eindeutigen Verbesserungen der Arbeitssituation. Ganz abgesehen vom bereits konstatierten Trend zu verstärkter Schichtarbeit und von neuen Belastungsformen in einer offeneren Arbeitssituation, hat dies auch mit den spezifischen Formen der Rekrutierung der Arbeitskräfte für die neuen Arbeitsplätze zu tun. Ganz überwiegend wird hier offensichtlich nach dem System der "Bestenauswahl" verfahren, d.h. es werden Arbeitskräfte betriebsintern rekrutiert, die für diese Art der Produktionsarbeit besonders gut qualifiziert und geeignet erscheinen sowie anderweitig im Betrieb Erfahrungen in ähnlichen Arbeitssituationen gewonnen haben. Die Notwendigkeit zu zusätzlicher Qualifizierung wird in vielen Betrieben durchaus gesehen. Zumeist beschränkt man sich jedoch auf vergleichsweise kurze Schulungsmaßnahmen bei den Herstellern von Maschinen oder Steuerungen sowie auf Prozesse des "Learning by doing". Nur sehr selten wird eine umfassende, auch kompensatorische Ausbildung von Fertigungspersonal für die neuen Arbeitsplätze und Aufgaben eingeleitet. Da in aller Regel die bisher eingeführten flexiblen Systeme nur kleine Inseln im betrieblichen Produktionsapparat darstellen, ist die Politik der Minimierung der Qualifizierungsaufwendungen bisher durchaus erfolgreich, da sie (noch) nicht an die Grenzen vorhandener Qualifikationsreserven stößt. Diese Frage wird sich allerdings ganz anders stellen, wenn die Systeme ihren Pilotcharakter verlieren und - in Verbindung mit anderen computergestützten Techniken - in Zukunft breiter eingesetzt und genutzt werden.

## Literaturverzeichnis

Brödner, P.:

Fabrik 2000. Alternative Entwicklungspfade in die Zukunft der Fabrik, Berlin 1985 (Rainer Bohn Verlag)

Buschhaus, D.; Gärtner, D.; Goldgräbe, A.; Hoch, H.-D.; Krischok, D.:

Neue Berufsstruktur für die industriellen Metallberufe.

In: Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis, Heft 6, 1984

Dolezalek, C.; Ropohl, G.:

Flexible Fertigungssysteme, die Zukunft der Fertigungstechnik.

In: Werkstatttechnik 60 (1970), S. 446-451

Fix-Sterz, J.; Lay, G.:

The Role of Flexible Manufacturing Systems in the Framework of New Developments in Production Engineering. Paper prepared for the EC-Symposium "New Production Systems", 2nd - 4th July, 1986, Torino/Italy - Working Party No. 3

Fix-Sterz, J.; Lay, G.; Schultz-Wild, R.:

The Present State and Development Tendencies of FMS and FMC in the Federal Republic of Germany. Paper prepared for the EC-Symposium "New Production Systems", 2nd - 4th July, 1986, Torino/Italy - Working Party No. 3

Hirsch-Kreinsen, H.; Schultz-Wild, R.:

Rechnerintegrierte Produktion. Zur Entwicklung von Technik und Arbeit in der Metallindustrie, München/Frankfurt 1986 (Campus-Verlag)

ISI, IAB, IWF:

Der Einsatz flexibler Fertigungssysteme. Technische, einführungsorganisatorische, wirtschaftliche und arbeitsplatzbezogene Aspekte, Forschungsbericht KfK-PFT 41, 1982

Lutz, B.; Schultz-Wild, R.:

Tendenzen und Faktoren des Wandels der Arbeitswelt bei fortschreitender Automatisierung. In: Produktionstechnisches Kolloquium Berlin 1983 (PTK 83 International), Sonderdruck aus Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung (ZWF) 78 (1983)

Mertins, K.:

Entwicklungsstand flexibler Fertigungssysteme - Linien, Netz- und Zellenstrukturen. In: Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung (ZWF) 80 (1985), Heft 6, S. 249-265

Milberg, J.:

Entwicklungstendenzen in der automatischen Produktion.  
In: Fachberichte für Metallbearbeitung, Vol. 62 (1985), Nr. 7-8,  
S. 357-365

Preiss, H.:

Gewerkschaftspolitische Einschätzung zur Neuordnung der industriellen  
Metall- und Elektroberufe. In: Gewerkschaftliche Bildungspolitik  
(1985), Heft 2

Schultz-Wild, R.:

New Production Technologies and their Implications for Manpower and  
Training Policies. Paper prepared for the EC-Symposium "New Production  
Systems", 2nd - 4th July, 1986, Torino/Italy - Working Party No. 3

Schulz, H.; Arnold, W.:

Stand und Tendenzen beim Einsatz flexibler Fertigungssysteme.  
Werkstatt und Betrieb, 116. Jahrgang (1983), Heft 2, S. 61-65

Schultz-Wild, R.; Asendorf, I.; Behr, M.v.; Köhler, Ch.; Lutz, B.;  
Nuber, Ch.:

Flexible Fertigung und Industriearbeit. Die Einführung eines  
flexiblen Fertigungssystems in einem Maschinenbaubetrieb,  
München/Frankfurt 1986 (Campus Verlag)

Warnecke, H.-J.:

Flexible Fertigungssysteme - Einsatzperspektiven in der Bundesrepublik  
Deutschland. In: Fortschrittliche Betriebsführung und Industrial Engi-  
neering 34 (1985), Heft 6, S. 269-276